

Aus der Chirurgischen Tierklinik
der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

**TRANSKUTANE, INTRAOPERATIVE UND LAPAROSKOPISCHE
ULTRASCHALLUNTERSUCHUNGEN
AN DEN NIEREN DES RINDES**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doctor medicinae veterinariae (Dr. med. vet.)
durch die Veterinärmedizinische Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von

Beate Landmann
aus Leipzig

Leipzig, 2000

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

Dekan : Prof. Dr. Jürgen Gropp

Betreuer : Prof. Dr. James G. Ferguson

Gutachter: Prof. Dr. Klaus Hartung
Klinik für Pferde
Allgemeine Chirurgie und Radiologie
Freie Universität Berlin
Fachbereich Veterinärmedizin

Prof. Dr. James G. Ferguson
Chirurgische Tierklinik
Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig

PD Dr. habil. Manfred Füll
Medizinische Tierklinik
Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Leipzig

Tag der Verteidigung : 16. 1. 2001

	Seite
1 Einleitung	1
2 Literaturüberblick	3
2.1 Physikalisch-technische Grundlagen des Ultraschalls	3
2.2 Die Anatomie der Nieren des Rindes	5
2. 2. 1 Lage und Form	5
2. 2. 2 Makroskopischer Aufbau	6
2. 2. 3 Mikroskopischer Aufbau	8
2. 2. 4 Das Blutgefäßsystem der Niere	9
2.3 Die wichtigsten Erkrankungen der Nieren des Rindes	9
2.4 Die sonografische Untersuchung der Nieren in der Humanmedizin	15
2.5 Die sonografische Untersuchung der Nieren in der Veterinärmedizin	18
2. 5. 1 Die Ultraschalluntersuchung der Nieren des Pferdes	18
2. 5. 2 Die Ultraschalluntersuchung der Nieren von Hund und Katze	19
2. 5. 3 Die sonografische Darstellbarkeit der Nieren des Rindes	21
2.5.3.1 Die Nierenbiopsie	22
2.5.3.2 Die sonografische Darstellung der erkrankten Niere des Rindes	22
2.6 Intraoperative und laparoskopische Sonografie in der Humanmedizin	23
2. 6. 1 Intraoperativer Ultraschall	24
2. 6. 1. 1 Geschichtlicher Überblick	24
2. 6. 2 Endoskopischer Ultraschall oder Endosonografie	25
2. 6. 3 Laparoskopischer Ultraschall	26
2. 6. 3. 1 Geschichtlicher Überblick	26
2. 6. 4 Einsatzmöglichkeiten intraoperativen und laparoskopischen Ultraschalls	27
2. 6. 5 Intraoperative und laparoskopische Sonografie in der Nephrologie	29

Eigene Untersuchungen	Seite
3 Tiere, Material und Methoden	31
3. 1 Technik	31
3. 2 Tiere	31
3. 2. 1 Labordiagnostische Untersuchungen	32
3. 2. 1. 1 Harnuntersuchungen	32
3. 2. 1. 2 Blutuntersuchungen	33
3. 3 Transkutane Ultraschalluntersuchung der Nieren	33
3. 4 Intraoperative Ultraschalluntersuchung der Nieren	36
3. 5 Laparoskopische Ultraschalluntersuchung der Nieren	38
3. 6 Sonografische Merkmale	39
3. 6. 1 Quantitative Untersuchungen	39
3. 6. 2 Qualitative Untersuchungen	40
3. 7 Dokumentation und statistische Auswertung	43
4 Ergebnisse	44
4. 1 Die Auswertung des Tiermaterials	44
4. 2 Die sonografische Darstellbarkeit der Nieren	44
4.2.1 Die transkutane Untersuchung	44
4.2.2 Die intraoperative Untersuchung	45
4. 3 Quantitative Messungen	46
4. 3. 1 Die Gesamtgröße der Nieren	46
4. 3. 1. 1 Die rechte Niere	46
4.3.1.1.1 Transkutane Messung	46
4.3.1.1.2 Intraoperative Messung	46
4.3.1.2 Die linke Niere	46
4.3.1.2.1 Transkutane Messung	46
4.3.1.2.2 Intraoperative Messung	47
4. 3. 2 Quantitative Merkmale der einzelnen Strukturen	47
4.3.2.1 Transkutane Messung	47
4.3.2.2 Intraoperative Messung	49
4.3.2.3 Der Vergleich transkutaner und intraoperativer Messungen	50
4. 4 Qualitative Merkmale der einzelnen Strukturen	52
4. 4. 1 Die Nierenkapsel	52
4.4.1.1 Transkutane Darstellung	52
4.4.1.2 Intraoperative Darstellung	52

	Seite
4. 4. 2 Die Nierenrinde	55
4.4.2.1 Transkutane Darstellung	55
4.4.2.2 Intraoperative Darstellung	56
4. 4. 3 Das Nierenmark und die Papillen	58
4.4.3.1 Transkutane Darstellung	58
4.4.3.2 Intraoperative Darstellung	60
4. 4. 4 Das Nierenbecken	64
4.4.4.1 Transkutane Darstellung	64
4.4.4.2 Intraoperative Darstellung	65
4. 4. 5 Die Gefäße	69
4.4.5.1 Transkutane Darstellung	69
4.4.5.2 Intraoperative Darstellung	69
4. 4. 6 Die Harnleiter	70
4. 5 Vergleichsuntersuchung zur Beurteilung der sonografischen Parameter bei transkutaner und intraoperativer Messung	71
4. 6 Zusammenhang zwischen sonografisch gemessener Rückenfettdicke und Dicke der Nierenfettkapsel	73
4. 7 Zusammenhang zwischen Größenmessungen am Tier und Größenmessungen an den Nieren	73
4. 8 Einzelfallberichte	74
4. 9 Die laparoskopische Ultraschalluntersuchung der Nieren zweier Rinder	82
4. 10 Auswertung der technischen Parameter der Ultraschalluntersuchung	83
 5 Diskussion	 85
5. 1 Diskussion der Methodik	85
5. 2 Diskussion der Ergebnisse	87
5. 3 Schlußbetrachtung	94
 6 Zusammenfassung	 96
6. 1 Summary	98
 7 Literaturnachweis	 100
 8 Anhang	

Abkürzungen

Aa.	Arteriae
A.	Arteria
Abb.	Abbildung
A-Mode	Amplituden-Mode
B-Mode	Brightness-Mode
bzw.	beziehungsweise
dB	Dezibel
etc.	et cetera
M-Mode	Motion-Mode
MHz	Megahertz
s.	siehe
Sig.	Signifikanz
Standardabw.	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
u.	und
V.	Vena
Vv.	Venae

1 EINLEITUNG

Die Ultraschalluntersuchung hat sich in der Veterinärmedizin in vielen Bereichen durchgesetzt. Während ihre Anwendung in der Kleintiermedizin auf wenige Hindernisse stößt (BARR 1992, POULSEN-NAUTRUP u. TOBIAS 1996), ist der Einsatz in der Großtiermedizin durch unterschiedliche Faktoren begrenzt. Sicherlich spielt dabei der apparative und finanzielle Aufwand eine limitierende Rolle, der sonografischen Untersuchung innerer Organe wird aber vor allem durch die Größe der Tiere eine enge Grenze gesetzt. Höherfrequente Ultraschallgeräte, wie in Human- und Kleintiermedizin längst üblich, können bei transkutanen Untersuchungen tieferliegender Organe nicht eingesetzt werden (PENNINCK et al. 1986, BRAUN 1990, RAHLENBECK 1991). Damit vermindert sich die Detailerkennbarkeit einzelner Strukturen beträchtlich. Zum Teil kann dieses Problem zwar durch transrektale Untersuchungen aufgehoben werden (HILLYER 1994), aber viele Organe, wie die rechte Niere bei Rind und Pferd, Leber, Milz und Pankreas, sind rektal nicht erreichbar. In dieser Arbeit soll geprüft werden, ob der Einsatz intraoperativen und laparoskopischen Ultraschalls mit höheren Frequenzen, einer auch in der Humanmedizin noch jungen Methode, für die Großtiermedizin praktikabel ist und welche Möglichkeiten dieser Einsatz in der Diagnostik von Nierenerkrankungen des Rindes bietet.

Hinsichtlich der sonografischen Nierenuntersuchung beim Rind existieren mit Ausnahme der Untersuchungen von BRAUN (1990, 1993) erst einige wenige Veröffentlichungen, bei welchen es sich zudem um Einzelfallberichte handelt (DIVERS et al. 1989, HAYASHI et al. 1994). Es wurden bisher nur von BRAUN (1990 und 1993) quantitative und qualitative Auswertungen sonografischer Parameter an einer kleinen Zahl nierengesunder Rinder vorgenommen. Eine Auswertung der transkutanen Nierensonografie einer größeren Tiergruppe wurde bisher nicht durchgeführt.

Aus diesem Grund war eine weitere Zielstellung dieser Arbeit die transkutane Ultraschalluntersuchung der Rindernieren, sowie ein Vergleich der hier gewonnenen qualitativen und quantitativen Ergebnisse mit intraoperativen Untersuchungen.

Zielstellungen:

1. Anwendung transkutanen Ultraschalls zur Untersuchung der Nieren von Rindern
2. Entwicklung einer Methodik der intraoperativen und laparoskopischen Ultraschalluntersuchung

3. Erarbeitung sonografischer Vergleichsparameter zur Beurteilung der Nierenstrukturen
4. Dicken- und Größenmessungen an Nierenstrukturen, dem Nierenparenchym, den Nierengefäßen und dem Harnleiter bei transkutanen und intraoperativen Untersuchungen, sonografische Messung der Blutflußgeschwindigkeit in Nierengefäßen
5. Ermittlung qualitativer sonografischer Merkmale der einzelnen Strukturen anhand der Ultraschalluntersuchung nierengesunder Rinder
6. Beurteilung sonografisch erfaßbarer Abweichungen in den qualitativen und quantitativen Parametern bei Nierenerkrankungen
7. Auswertung der angewandten Geräteeinstellungen (Frequenz, Verstärkung, Schallkopftyp etc.)
8. Vergleich und Auswertung transkutaner und intraoperativer Methoden

2 LITERATURÜBERBLICK

2.1 Physikalisch-technische Grundlagen des Ultraschalls

Das Grauwertbild (B - Bild)

Das zweidimensionale B-Bild wird durch viele nebeneinanderliegende Ultraschalllinien aufgebaut, welche aus mehreren Pulsechozyklen entstehen. Je höher die **Amplitude**, desto heller die Stelle im Grauwertbild. Das Bild entsteht aus Impedanzsprüngen zwischen Grenzflächen mit unterschiedlichem akustischen Widerstand im Gewebe, reflektiert also nicht primär anatomische Strukturen. Die **Impedanz** ist das Produkt aus Dichte und Ausbreitungsgeschwindigkeit. Durch das **Auflösungsvermögen** der Sonden wird die Differenzierung von Strukturen in lateraler und axialer Richtung bestimmt, welche von der Wellenlänge und somit von der verwendeten Frequenz abhängt. Die axiale Auflösung ist ca. 4 mal größer als die laterale. Mit zunehmender Frequenz steigen das laterale und axiale Auflösungsvermögen (es ist bei einer Frequenz von 7,5 MHz ca. doppelt so hoch wie bei 3,5 MHz), es sinkt jedoch die **Eindringtiefe**. (MORNEBURG 1995, STEIN u. MARTIN 1996, KÖSTERING 1997).

Beispielsweise weisen Sonden mit einer Frequenz von 7-15 MHz (Wellenlänge 0,22-0,1 mm) eine Eindringtiefe von 5-7 cm auf, im Gegensatz dazu kann man mit einer 2 MHz Sonde (Wellenlänge 0,77 mm) Strukturen in 25 cm Tiefe erreichen (MORNEBURG 1995). Eine weitere Abhängigkeit besteht zur Dichte des zu durchdringenden Mediums (KÖSTERING 1997).

Die geltenden Gesetze der Wellenoptik, **Reflexion, Brechung, Streuung und Beugung** wirken abhängig von Impedanzunterschieden und dem auftreffenden Winkel der Ultraschallwellen auf die zu untersuchenden Strukturen. Je höher der Impedanzunterschied der Grenzflächen, umso geringer die Transmission der Schallwellen in darunter befindliches Gewebe (SUTILOV 1984, STEIN u. MARTIN 1996).

Streuung im Gewebe ermöglicht die diagnostische Bildgebung, da die Darstellung gerundeter Oberflächen sonst nicht möglich wäre. Sie findet im gesamten Gewebe an jedem Punkt unebener Grenzflächen statt (ZENTNER 1994, MORNEBURG 1995).

Weiterführende Literatur zu Grundlagen der Sonografie findet sich unter anderem bei KRESSE (1973), SUTILOV (1984), KUTTRUFF (1988) und MORNEBURG (1995).

Schallfeldgeometrie

Die axiale Ausdehnung des Schallfeldes ist in jedem Abstand zum Schallkopf gleich. Dagegen variiert die laterale Ausdehnung in Abhängigkeit von der Ultraschallquelle und der Eindringtiefe. Man unterscheidet das **Nahfeld**, in welchem starke Interferenzerscheinungen und eine schlechte laterale Auflösung keine optimale Bildgebung ermöglichen, die **Fokuszone**, mit bester lateraler Auflösung und das **Fernfeld**, in welchem durch die Divergenz der Wellen die laterale Auflösung erneut schlechter wird. Das Nahfeld wird mit steigender Frequenz kleiner. Die Divergenz der Wellen im Fernfeld wird mit sinkender Frequenz geringer (KRESSE 1973, KÖSTERING 1997).

Das Doppler-Prinzip

Der Dopplereffekt beruht auf der Änderung der Frequenz der reflektierten Schallwelle an bewegten Objekten. Bewegt sich ein Objekt in Richtung Schallkopf wird die Schallwelle mit einer höheren Frequenz reflektiert, bewegt sich das Objekt vom Schallkopf weg mit einer geringeren. Die Änderung der Frequenz wird als **Dopplershift** bezeichnet (ZENTNER 1994, MORNEBURG 1995, STEIN u. MARTIN 1996).

Die Messung der Blutflußgeschwindigkeit erfolgt in einem **Frequenzspektrum**, da sich die einzelnen Blutkörperchen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit fortbewegen (SCHÄBERLE 1998).

Am exaktesten ist die Messung der Blutflußgeschwindigkeit wenn Parallelität zwischen Schallwelle und Strömungsrichtung des Blutes besteht. Ist dies nicht gegeben, fließt der Cosinus des Winkels zwischen Schallwelle und Strömungsrichtung in die Berechnung der Geschwindigkeit ein. Wird der Winkel zu groß (größer als 60°), kann eine genaue Messung der Blutflußgeschwindigkeit nicht mehr erfolgen (SCHÄBERLE 1998).

Duplexsonografie

Duplexsonografie ist die kombinierte Anwendung von Real-time-Schnittbild (B-Bild) und Dopplerverfahren. Dopplersignale werden aus einem definiertem Meßvolumen (sample volume) empfangen. Mit Hilfe der Fourier-Analyse kann aus dem gemessenen Frequenzgemisch ein Dichtespektrum und ein Zeitspektrum ermittelt werden (KELLER u. KRUMME 1994, SCHÄBERLE 1998). Aus diesen Spektren sind folgende quantitative Werte zu entnehmen:

- systolische und enddiastolische Maximalgeschwindigkeit
- aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit und dem Gefäßquerschnitt läßt sich das Flußvolumen bestimmen (MORROW et al. 1996, SCHÄBERLE 1998).

Der **resistive Index** (RI) ist ein Maß für den Widerstand, welcher auf den Blutfluß in einer Arteriole wirkt (MORROW et al. 1996).

$$RI = \frac{\text{peak systolic velocity} - \text{end diastolic velocity (enddiastolische Geschwindigkeit)}}{\text{peak systolic velocity (höchste systolische Geschwindigkeit)}}$$

Farbdopplersonografie

Die Farbdopplersonografie ist eine Weiterentwicklung der Duplexsonografie, bei welchem Verfahren die Dopplershiftfrequenz aus mehreren Meßvolumina innerhalb eines im B-Bild dargestellten Fensters farbig kodiert und simultan flächenhaft auf die Gefäßstrukturen des B-Bildes übertragen wird (KUTTRUFF 1988, SCHÄBERLE 1998). In der dabei angewandten Autokorrelationsmethode wird der mittlere Dopplershift aus dem Vergleich der Phasen- und Frequenzverschiebung mehrerer aufeinanderfolgender Schallwellen ermittelt und zweidimensional im definierten Bildausschnitt überlagert. Daraus lassen sich Strömungsrichtung und mittlere Strömungsgeschwindigkeit farblich kodieren (SCHÄBERLE 1998).

2.2 Die Anatomie der Nieren des Rindes

2.2.1 Lage und Form

Die Nieren des Rindes weisen gegenüber der anderer Haustierarten einige Besonderheiten auf. Das Rind besitzt gefurchte, mehrwarzige Nieren. Sie liegen retroperitoneal im dorsalen Bauchraum (ELLENBERGER-BAUM 1974, POPESKO 1998, VOLLMERHAUS 1999).

Die rechte Niere liegt mit ihrer Facies dorsalis der Lendenmuskulatur an. Der kraniale Nierenpol schmiegt sich in die Impressio renalis des rechten Leberlappens.

Ventral der rechten Niere befinden sich Pankreas, Blind- und Grimmdarm. Medial benachbart sind die Vena cava caudalis und die Aorta abdominalis. Die rechte Niere ist unregelmäßig oval geformt und dorsoventral leicht abgeplattet. Der Hilus befindet sich medial. Sie ist 18-24 cm lang und erstreckt sich von der 13. Rippe bis zum 3. Lendenwirbel (ELLENBERGER-BAUM 1974, VOLLMERHAUS 1999).

Die linke Niere des Rindes wird als physiologische Wanderniere bezeichnet. Sie wurde im Laufe der Entwicklung durch den dorsalen Pansensack über die Mediane auf die rechte Körperseite verschoben und liegt eingebettet in eine Falte des Bauchfells relativ frei beweglich kaudal der rechten Niere. Sie erstreckt sich vom 2. oder 3. bis zum 5. Lendenwirbel. Durch diese veränderte Lage befindet sich der Nierenhilus dorsal. Die linke Niere ist 19-25 cm lang. Der kraniale Nierenpol ist spitzer als der verdickt erscheinende kaudale (ASHDOWN u. DONE 1984, VOLLMERHAUS 1999).

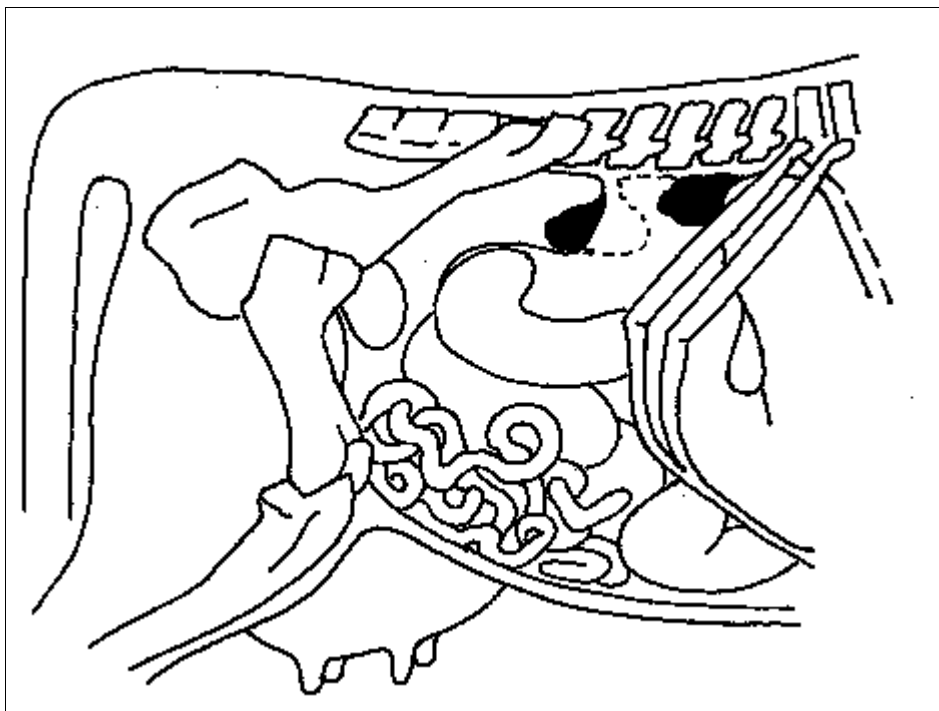


Abb.1.1 Lage der Nieren im Abdomen (modifiziert nach KOCH u. BERG 1990)

2.2.2 Makroskopischer Aufbau

Die Nieren des Rindes sind von einer vom Ernährungszustand des Tieres abhängigen Capsula adiposa umgeben. Diese hat Stütz- und Speicherfunktionen.

Die äußere Hülle der Nieren bildet eine Capsula fibrosa, welche am Nierenhilus in die Adventitia der Gefäße übergeht (SCHALLER 1992, VOLLMERHAUS 1999).

Die Lobi renales sind beim Rind im Gegensatz zu anderen Spezies auch beim erwachsenen Tier deutlich getrennt sichtbar, allerdings sind die Lobi der Rinderniere teilweise Verschmelzungsprodukt mehrerer Lappen (SCHALLER 1992, VOLLMERHAUS 1999).

Das Nierenparenchym unterteilt man in die peripher liegende Nierenrinde und das zentral befindliche Mark. Das Nierenmark setzt sich in den 18-22 Markpyramiden fort, welche von den Nierenkelchen umgeben in den Sinus renalis ragen. Der Sinus renalis besteht aus den Anfangsabschnitten des Harnleiters, den Aufzweigungen der Blut- und Lymphgefäße und dem diese umgebenden Fett und Bindegewebe (VOLLMERHAUS 1999).

Im Nierenhilus schließen sich die beiden Anfangsabschnitte des Harnleiters zusammen und verlassen die Niere. Die von der Aorta abdominalis abzweigende Arteria renalis tritt an dieser Stelle ein und die Vena renalis verläßt die Niere um sich mit der Vena cava caudalis zu verbinden (ELLENBERGER-BAUM 1974, KOCH u. BERG 1990, SCHALLER 1992, VOLLMERHAUS 1999).

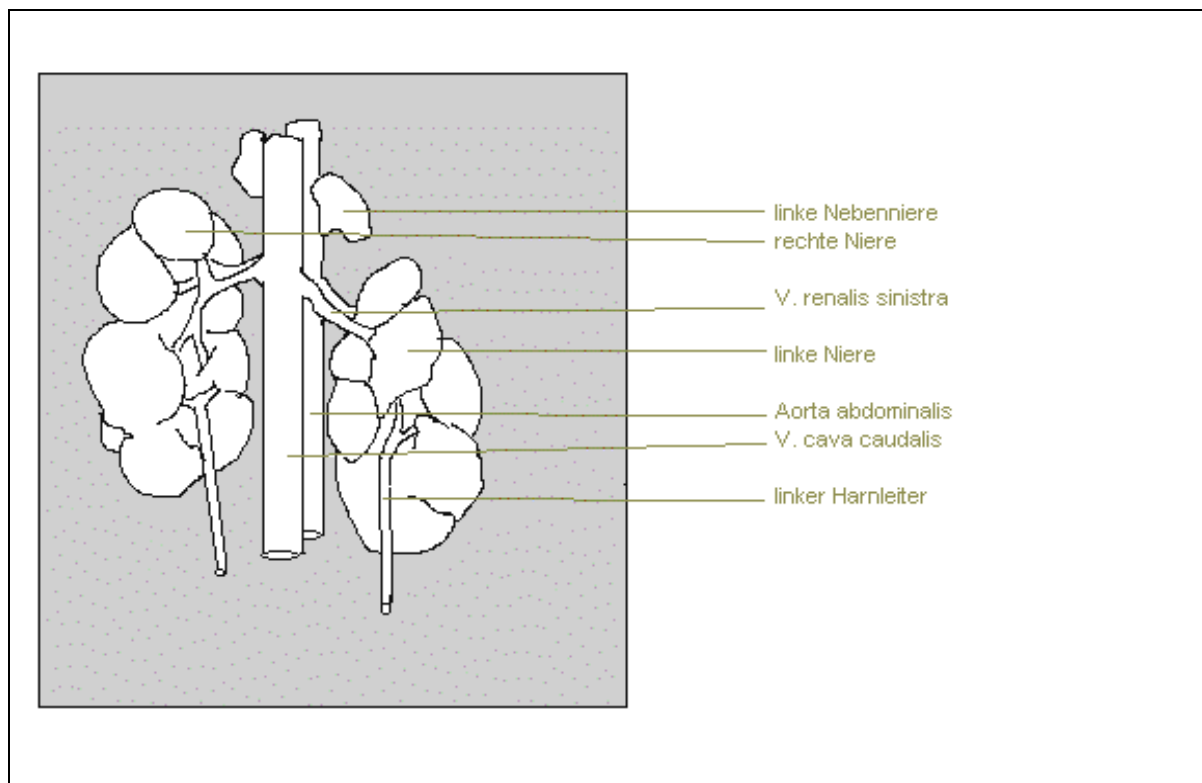


Abb. 1.2 Anatomie der Nieren (modifiziert nach POPESKO 1998)

2.2.3 Mikroskopischer Aufbau

Die wesentlichen Funktionen der Niere sind die Ausscheidung harnpflichtiger Substanzen und die Regulierung des Salz- und Wasserhaushaltes durch die vermehrte oder verminderte Ausscheidung von Elektrolyten und Wasser (SMOLLICH u. MICHEL 1992). Die mikroskopischen Strukturen sind Voraussetzung zur Erfüllung dieser Funktionen.

Die kleinste Baueinheit der Niere bildet das Nephron, bestehend aus dem Corpusculum renale und dem Tubulus. Das Corpusculum renale setzt sich aus dem arteriellen Kapillarknäuel, dem Glomerulum, und der dieses umgebende Bowmanschen Kapsel zusammen (ELLENBERGER-BAUM 1974, SCHALLER 1992, VOLLMERHAUS 1999).

Der Aufbau der Kapillarwände in ein Porenendothel, eine Basallamina und die Podozyten des anschließenden viszeralen Blattes der Bowmanschen Kapsel bedingen die Ultrafiltration der Blutbestandteile und die Bildung des Primärharnes (SMOLLICH u. MICHEL 1992). Die Filtration des Primärharnes ist abhängig vom Blutdruck in den Glomerulumkapillaren.

Die Bowmansche Kapsel nimmt den Primärharn auf und leitet ihn in das nachfolgende Tubulussystem, in welchem durch Reabsorption und Sekretion der definitive Harn gebildet wird. Das Tubulussystem beginnt mit dem Tubulus contortus proximalis, welcher in der Nachbarschaft des Glomerulum mehrere Windungen bildet. Dieser geht über in den Tubulus rectus proximalis und bildet gemeinsam mit ihm das Hauptstück. Das zuerst markwärts und dann wieder rindenwärts verlaufende Überleitungsstück, der Tubulus attenuatus, ist beim Rind relativ lang. Diesem schließt sich der Tubulus rectus distalis und der Tubulus contortus distalis an. Dieser verläuft gewunden in der Nähe des Glomerulum und berührt dieses. Beide Tubuli recti und das Überleitungsstück bilden die Henlesche Schleife. Durch den Zusammenschluß mehrerer Tubuli entstehen im Anschluß die Sammelrohre, welche den Harn in die Papillae renalis leiten. Jeder Teil des Tubulussystems erfüllt spezifische Sekretions- oder Reabsorptionsaufgaben (ELLENBERGER-BAUM 1974, SMOLLICH u. MICHEL 1992, SCHALLER 1992, VOLLMERHAUS 1999).

Die Nierenkörperchen und die Tubuli contorti befinden sich in der Pars convoluta (oder Zona iuxtamedullaris) der Nierenrinde. In der Pars radiata (oder Zona peripherica) verlaufen die Tubuli recti und Teile des Übergangsstückes. Das Stratum subcorticale und das Nierenmark beherbergen die Sammelrohre mit den Ductus papillares und die zentral gelegenen Teile der Henleschen Schleife. Das Nierenmark wird in eine Zona externa, in welcher sich Teile der Henleschen Schleife befinden und eine Zona interna unterteilt (SCHALLER 1992, VOLLMERHAUS 1999).

2.2.4 Das Blutgefäßsystem der Niere

Die Arteriae renales dextra et sinistra entspringen aus der Aorta abdominalis, die A. renalis dextra immer kranial der sinistra (ASHDOWN u. DONE 1984, POPESKO 1998, VOLLMERHAUS 1999). Sie ziehen zum jeweiligen Nierenhilus, um sich nach Eintritt in den Sinus in zwei Hauptäste aufzuteilen. Die weitere Aufzweigung erfolgt als Arteriae interlobares im Bereich zwischen den Lobi. An der Grenze zwischen Nierenrinde und -mark teilen sich die Gefäße senkrecht zur bisherigen Verlaufsform, um als Arteriae arcuatae Bereiche des peripheren Marks und der zentralen Rinde zu versorgen. Es folgt eine erneute Aufzweigung in Arteriae interlobulares. Die Versorgung der Glomeruli erfolgt über Vasa afferentia und efferentia. Die gleichnamigen Venen verlaufen parallel zu den Arterien, um am Hilus die Niere zu verlassen und sich mit der Vena cava caudalis zu verbinden (SCHALLER 1992, VOLLMERHAUS 1999).

2.3 Die wichtigsten Erkrankungen der Nieren des Rindes

Nierenerkrankungen sind beim Rind in der Häufigkeit von eher untergeordneter Bedeutung (GRÜNDER 1978). In einer Arbeit von RÖHLMANN (1985) wurde das Verhältnis von diagnostizierten Nierenerkrankungen zu anderen Erkrankungen mit 1,28% beziffert. Nierenschäden sind zum größten Teil Sekundärschäden. Sie entstehen im Gefolge von Stoffwechsel-, anderen Organ- und Infektionskrankheiten (GRÜNDER 1963, GRÜNDER 1978).

Einteilung (nach GRÜNDER 1978, SCHULZ u. ROSSOW 1971):

NEPHRITIDEN	nichteitrig	-interstitiell -glomerulär
	eitrig	- metastatisch-eitrige Nephritis - Pyelonephritis

NEPHROSEN	- akute Nephrosen - Amyloidnephrose
-----------	--

SONSTIGE NIERENERKRANKUNGEN	- Mißbildungen
	- Zysten
	- Tumoren
	- Hydronephrose
	- Verletzungen
	- Atrophie

Pyelonephritis

Die in den meisten Fällen von *Corynebacterium renale* (TRAUTWEIN 1991, WEISS 1999) oder *Escherischia coli* (REBHUHN et al. 1989) hervorgerufene Entzündung des Nierenkelchsystems und des Parenchyms tritt beim Rind häufig als subakute oder chronische Verlaufsform auf. Die z.T. schweren Allgemeinstörungen sind meist unspezifisch (HAYASHI et al. 1994), aber von klinischer und wirtschaftlicher Bedeutung (FETCHER 1986).

Der Infektionsweg kann sowohl urogen aufsteigend (GRÜNDER 1978, FETCHER 1986, MAXIE 1992) sein, als auch hämatogen oder lymphogen über eine primäre embolisch-eitriges Nephritis (TRAUTWEIN 1991, WEISS 1999).

Prädisponierend wirken Puerperalinfektionen, Schweregeburten (FETCHER 1986, REBHUHN et al. 1989), Harnstauungen (TRAUTWEIN 1991, MAXIE 1992) und die kurze Harnröhre des weiblichen Rindes. HAYASHI et al. (1994) glauben an eine Prädisposition der linken Niere für Infektionen aufgrund des kürzeren Harnleiters.

Der häufig chronische Krankheitsverlauf zeigt akute Phasen mit Fieber, kolikartigen Schmerzen und Schwierigkeiten beim Harnabsatz. Die Tiere befinden sich in einem schlechten Allgemeinzustand. Rektal fällt die (falls betroffen) veränderte, derbe oder z.T. fluktuierende Konsistenz der linken Niere, sowie deren Größenzunahme auf (GRÜNDER 1978, FETCHER 1986).

Die Harnuntersuchung ergibt in fortgeschrittenem Stadium bereits eine makroskopisch sichtbare Trübung oder Makrohämaturie. Eine erhöhte Proteinkonzentration, Hämoglobinkonzentration, erhöhter pH-Wert und eine verringerte relative Dichte können nachgewiesen werden.

Erhöhungen des Serumkreatinins oder der Serumharnstoffkonzentration sind meist erst nach schwerer Schädigung des Nierengewebes feststellbar (FETCHER 1986).

Im Sektionsbefund fallen eitrige, ulzerierende bzw. nekrotisierende Veränderungen des Nierengewebes, eine Struktur und Formveränderung der Niere und ein erweitertes Nierenbecken auf (WEISS 1999).

Metastatisch eitrige Herdnephritis

Die durch Bakterienemboli infolge einer Bakteriämie oder septischen Trombembolie hervorgerufenen metastatisch eitrigen Herdnephritiden sind in den meisten Fällen Folge von Primärerkrankungen wie unter anderem Endokarditiden, Endometritiden, eitrige Pneumonien, Nabelinfektionen, Fremdkörpererkrankungen, sowie Klauen- und Gelenksentzündungen (BACH et al. 1975, GRÜNDER 1978).

Unter den beteiligten Erregern ist besonders *Arcanobacterium pyogenes* hervorzuheben. Das Krankheitsbild wird häufig durch die Primärerkrankung dominiert. Klinische und labordiagnostische Befunde sind aus diesem Grund meist relativ unspezifisch. Der rektale Palpationsbefund kann bei ausgeprägten Nierenveränderungen ähnlich der Pyelonephritis eine vergrößerte Niere mit derber oder fluktuierender Konsistenz ergeben (KUCHLING 1957, FETCHER 1986). Bei Blutuntersuchungen fallen die erhöhte Gesamteiweißkonzentration und die Neutrophilie auf (SCHMIDL 1979, FETCHER 1986).

Abhängig von der Dauer der Erkrankung sind pathologisch anatomische Veränderungen in Form multipler, teils anämischer, septischer Infarkte, welche teilweise konfluieren und abszedieren, entweder nur im Bereich der Nierenrinde anzutreffen, oder beziehen unterschiedliche Bereiche des Markparenchyms ein (TRAUTWEIN 1991, MAXIE 1992, WEISS 1999).

Das histologische Bild wurde von TRAUTWEIN (1991), SMOLLIICH u. MICHEL (1992) und WEISS (1999) beschrieben.

Nichteitrige interstitielle Nephritis

Die nichteitrige interstitielle Nephritis des Rindes ist eine durch Infiltrationen in das Bindegewebe zwischen Tubuli, Glomeruli und Gefäßen geprägte, chronische herdförmige Entzündungsform (LEINATI 1966, SACK et al. 1971, MAXIE 1992).

RÖHLMANN (1985) und RITTER (1985) registrierten einen Prozentsatz von 7,7 % bzw. 9,2% an der Zahl der an Nierenerkrankungen leidenden Rinder als diagnostizierte eitrige und nichteitrige interstitielle Nephritis. Dies zeigt den untergeordneten Stellenwert dieser

Erkrankung im klinischen Blickwinkel. Der Anteil an subklinisch erkrankten, besonders älteren Tieren ist aber wohl ungleich höher. Deutliche Nierenfunktionsstörungen sind sehr selten diagnostizierbar, das Krankheitsbild ist durch unspezifische Symptome, wie Milchrückgang und leichtes Fieber gekennzeichnet (LEINATI 1966, GRÜNDER 1978, FETCHER 1986). Bei Kälbern kann allerdings eine Infektion mit Leptospiren schwerwiegendere, akute interstitielle Nephritiden mit hochgradigen Allgemeinstörungen verursachen (MAXIE 1992). Als Auslöser der Erkrankung werden Infektionen mit Leptospiren (*L. pomona*, *L. hardjo*) gesehen. Bei der sogenannten "weißen Fleckniere des Kalbes", einer Sonderform der interstitiellen Nephritis wurden *Escherichia coli*, *Brucella abortus*, Salmonellen und Staphylokokken nachgewiesen (KUCHLING 1957, TRAUTWEIN 1991).

Viruserkrankungen und immunpathologische Vorgänge spielen ebenfalls eine Rolle im Krankheitsbild (WEISS 1999).

Da die herdförmigen Veränderungen im Nierengewebe die Funktion der Nieren nicht wesentlich einschränken, sind labordiagnostische Werte meist unverändert. In weit fortgeschrittenen Fällen ist die relative Dichte des Harnes erniedrigt und die Proteinkonzentration erhöht (GRÜNDER 1978, SCHMIDL 1979). Pathologisch anatomische Veränderungen sind durch miliare grauweiße Herde oder kleine Knoten in der Rindenschicht gekennzeichnet. Bei akuter Leptospirose wirken die Nieren geschwollen und dunkel (TRAUTWEIN 1991, MAXIE 1992, WEISS 1999).

Glomerulonephritis

Die Häufigkeit des Auftretens von Glomerulonephritiden wird von den Autoren unterschiedlich bewertet. Obwohl die Erkrankung klinisch nur selten diagnostiziert wird, nimmt man an (MAXIE 1992), daß Glomerulonephritiden häufig nicht erkannt werden oder klinisch nicht in Erscheinung treten. GRÜNDER (1978) betont die untergeordnete Bedeutung der Erkrankung beim Rind.

WEISS (1999) unterscheidet fokale und diffuse Glomerulonephritiden. Die weitere Einteilung erfolgt nach morphologischen Gesichtspunkten, hinsichtlich der Einbeziehung von Kapillaren, Endothel-, Epithel-, Mesangiumzellen und Basalmembran, sowie sekundär anderer Bereiche der Niere (KUCHLING 1957, TRAUTWEIN 1991).

Als Ursache werden immunpathologische Reaktionen, in Form einer Immunkomplex- Glomerulonephritis gesehen, welche beim Rind infolge einer Infektion mit dem BVD-Virus auftreten können (TRAUTWEIN 1991, MAXIE 1992, WEISS 1999).

Das klinische Bild wird geprägt von einem nephrotischen Syndrom, s. Amyloidnephrose. Durch ständige Proteinausscheidung mit dem Harn sind die Eiweißfraktionen im Blut erniedrigt (KUCHLING 1957, FETCHER 1986).

Postmortal sind die Nieren häufig unauffällig. Bei akuten Verlaufsformen sind die Nieren geschwollen, feucht und blaß. Bei der chronischen Form können sie eine derbe Konsistenz mit feingranulierter Oberfläche, bzw. Schnittfläche annehmen (WEISS 1999). Das histologische Bild ist abhängig von der Phase der Entzündung (MICHEL u. SMOLLICH 1992, MAXIE 1992, WEISS 1999).

Amyloidnephrose

Die Nierenamyloidose ist eine vorwiegend bei älteren Tieren auftretende, seltene Erkrankung, hervorgerufen durch Störungen des Proteinstoffwechsels mit Ablagerung des Amyloidproteins AA (GRÜNDER u. TRAUTWEIN 1965, JAKOB 1971, RITTER 1985, WEISS 1999). Sie wird als Speicherstörung zu den Glomerulonephrosen gezählt.

Die Autoren unterscheiden idiopathische Amyloidosen, also ohne ersichtliche Grunderkrankung von sekundären, assoziiert mit chronisch-entzündlichen Prozessen. Zu bedenken ist jedoch, daß die Amyloidablagerungen noch lange nach Abheilung entsprechender Erkrankungen in Erscheinung treten können (GRÜNDER u. TRAUTWEIN 1965, JAKOB 1971, MAXIE 1992).

Durch die Ablagerungen des Amyloids, beginnend im Mesangium, später das gesamte Glomerulum und das Interstitium betreffend, wird die glomeruläre Durchlässigkeit erhöht, und vermehrt Protein ausgeschieden. Aufgrund des Proteinverlustes bilden sich in den Tubuli hyaline Zylinder mit sekundärer hyalintropfiger Speicherungsnephrose. Bei fortgeschrittener Amyloidose entsteht ein nephrotisches Syndrom, verbunden mit Proteinurie, Hypalbuminämie, Ödemen in Unterhaut, Darmwand und -gekröse, sowie profusem Durchfall (HJÄRRE 1942, GRÜNDER u. TRAUTWEIN 1965, WEISS 1999).

Bei rektaler Palpation erscheint die linke Niere stark vergrößert und von derber Konsistenz. Die Proteinkonzentration des Harnes ist erhöht und die relative Dichte vermindert. Die harnpflichtigen Substanzen steigen im Blut bei fortgeschrittenem Verlauf an, das rote Blutbild

zeigt eine Erythropenie und das Verhältnis der Mineralstoffe im Serum ist verändert (GRÜNDER 1978, FETCHER 1986).

Das pathologisch anatomische Bild zeigt eine stark vergrößerte, helle, gelb-braune Niere, deren Schnittfläche von kleinen gelbweißen Herden geprägt ist (GRÜNDER u. TRAUTWEIN 1965, WEISS 1999).

Akute Nephrosen

Akute Nephrosen treten in den meisten Fällen prärenal als Folge von Stoffwechselerkrankungen, insbesondere bei alkalotischer, hypokalzämischer oder ketotischer Stoffwechsellaage, nach Infektionen, beispielsweise Salmonellenseptikämien, oder nach Vergiftungen auf. Auch Antibiotika, wie z.B. Aminoglykoside und Sulfonamide zeigen nephrotoxische Wirkung (FRISCHBIER 1948, FETCHER 1986, MAXIE 1992).

Akute Nephrosen sind gekennzeichnet durch Degenerationen und Nekrosen der Tubulusepithelzellen (WEISS 1999).

Sowohl das klinische Bild, als auch labordiagnostische Werte können vom Primärleiden dominiert sein. Als Symptome treten unter anderem Innappetenz, Dehydratation, Ödembildung, Polyurie und Proteinurie auf (FRISCHBIER 1948, FETCHER 1986).

Die Serumkonzentrationen von Kalium, Natrium und Chlorid sind häufig erniedrigt, bei gleichzeitiger Erhöhung der Konzentration an anorganischem Phosphor. Harnpflichtige Substanzen sind in ihrer Serumkonzentration erst erhöht, wenn eine schwere Schädigung der Nephronen vorliegt. Die Harnproteinkonzentration ist in der Regel erhöht und die relative Dichte vermindert (FRISCHBIER 1948, GRÜNDER 1978).

Weitere Nierenerkrankungen

Mißbildungen, z. B. Agenesie einer Niere oder Hypoplasie, sind beim erwachsenen Rind ohne klinische Bedeutung, falls das übrige Nierengewebe seine Funktion erfüllen kann. Das gleiche ist im Hinblick auf **Nierenzysten**, bzw. **Zystennieren** zu vermerken (WEISS 1999).

Eine größere Bedeutung haben Verlegungen oder Verschlüsse des Nierenbeckens, des Harnleiters oder der Blase durch Harnsteine, Entzündungsprozesse oder Tumoren. Die eine oder beide Nieren betreffenden Veränderungen führen zum Harnstau in der Niere, einer **Hydronephrose**. Hierbei erhöht sich die Prädisposition für bakterielle Infektionen (DIVERS 1989, WEISS 1999).

Tumoren, wie Adenome, Karzinome und leukotische Veränderungen, spielen beim Rind nur eine untergeordnete Rolle. Die nur beim Rind auftretende **Nierentuberkulose** führt zu knotigen, speckig-käsigen Veränderungen, welche von Tumoren abgegrenzt werden muß (WEISS 1999).

2.4 Die sonografische Untersuchung der Nieren in der Humanmedizin

In der Humanmedizin wird die Ultraschalluntersuchung als erstes apparativ-diagnostisches und nicht invasives Verfahren bei jedem Verdacht auf eine Nierenerkrankung eingesetzt (FIEDLER et al. 1984, FÜESSL 1993) .

Die Aussagefähigkeit der Ergebnisse ist jedoch stark abhängig von der Art der jeweiligen Erkrankung. Häufig ist es notwendig zur Abgrenzung verschiedener Differentialdiagnosen Computertomografie, Ausscheidungsurografie und Angiografie einzusetzen (KOISCHWITZ et al.1977, GÖTZ 1983).

Die Ultraschalldiagnostik in der Humanmedizin dient der Screeninguntersuchung bei Hämaturie, Hypertension und Flankenschmerz, der Festlegung von Diagnosen bei Nierenerkrankungen, als Alternativuntersuchung zum Röntgen in der Gravidität und bei Kontrastmittelunverträglichkeit, sowie der Verlaufsuntersuchung bei Nierentransplantationen (FROMMHOLD u. KOISCHWITZ 1987, SÖKELAND 1993, TATO u. ZOLLER 1995, RAGETH u. VONTOBEL 1998).

Die Nieren des Menschen werden in Rücken-, Seiten und Bauchlage sonografisch untersucht. Sie erstrecken sich vom 12. Brust- bis zum 3. Lendenwirbel, wobei die rechte Niere etwas weiter kaudal liegt als die linke (FRICK et al. 1987).

Die Nieren werden in Sagittal-, Transversal- und Medianschnitten dargestellt (FROMMHOLD u. KOISCHWITZ 1987).

Es werden Lage, Größe, Kontur, Echogenität des Parenchyms und des zentralen Reflexkomplexes, sowie der Parenchym-Pyelon-Index beurteilt (WIMMER 1980, WEILL et al. 1981, KOEPPEN-HAGEMANN u. RITZ 1992). Nierenvolumenbestimmungen wurden 1985 von ORTH durchgeführt.

Mit Hilfe der farbkodierten Duplexsonografie kann die Blutversorgung der Niere bis zu den Arteriae und Venae arcuatae dargestellt, Strömungsmuster erstellt und Flußgeschwindig-

keiten gemessen werden (NORRIS u. BARNES 1984, HAAG et al.1991, KELLER u. KRUMME 1994, SCHÄBERLE 1998).

Besondere Bedeutung hat die Nierensonografie in der Humanmedizin bei der Differentialdiagnostik von:

- **angeborenen Anomalien:** Agenesie, Aplasie, Dysplasie, Duplikaton des Nierenbeckensystems und Hufeisennieren (FÜESSL 1983, HELBER et al. 1987)
- **Lageanomalien:** Kippungen und Wandernieren (ALKEN u. SÖKELAND 1987).

Erweiterungen des Nierenbeckens können mit einer Sensitivität von 98 % sonografisch dargestellt werden (ELLENBOGEN et al. 1978).

Bei mittleren bis starken Erweiterungen kann die obstruktive Ursache in den harnableitenden Wegen sonografisch lokalisiert werden. Leichte Erweiterungen sind zum Teil anderer Genese, wie akuter Diurese, Entzündungen, Gravidität und Diabetes insipidus (SCHMOLLER 1982, FIEGLER et al. 1982, WEISS et al. 1983).

Fokale Veränderungen des Nierenparenchyms oder des Nierenbeckens sind mit Hilfe des Ultraschalls gut darstellbar:

a. Nierensteine

Diese können bereits, abhängig von der verwendeten Technik, ab einer Größe von 2-3 mm erfaßt werden (ROTTERS u. SCHERER 1979).

Die meist im Nierenbecken befindlichen Steine sind von erhöhter Echogenität und haben einen charakteristischen Schallschatten (ROTTERS u. SCHERER 1979, FIEGLER et al. 1982). Abzugrenzen sind Verkalkungen des Nierenbeckens (HEGE-BLANK u. SEITZ 1994).

b. Nierenzysten

Nierenzysten sind ab einer Größe von 5 mm nachweisbar (FÜESSL 1993).

Sie sind als meist echofreie oder echoarme Raumforderung mit Schallverstärkung darstellbar. Solitäre Zysten sind im Gegensatz zur polyzystischen Entartung meist ohne Krankheitswert (STRNAD 1979, FIEGLER et al. 1982).

c. Tumoren

Nierentumoren sind als solide Raumforderung ohne Schallschatten oder Schallverstärkung charakterisiert. Tumoren des Nierenbeckens führen zusätzlich zu einer zirkulären Verlagerung der Kelchechos (FIEGLER et al. 1982). 90 % aller Nierentumoren sind Nierenkarzinome. Zur Dignität kann sonografisch jedoch keine Aussage gemacht werden (THIEME 1985, FÜESSL 1993, FRANK u. VOGES 1994).

SURAMO et al. (1981) fanden Karzinome mit höherer, gleicher und geringerer Echogenität wie das umliegende Gewebe. Auch die Vaskularisation kann zur Dignitätsbestimmung nicht herangezogen werden.

d. Fokale Pyelonephritis

Im Sonogramm stellt sich eine fokale Pyelonephritis als echoarme Raumforderung dar, welche die cortico-medulläre Grenze überschreitet. Das Erscheinungsbild verändert sich jedoch mit dem Krankheitsverlauf, so daß die Echogenität variieren kann und auch kleine zystische Veränderungen entstehen können (FIEGLER 1981 b). Die akute fokale bakterielle Nephritis als seltene Form einer interstitiellen Nephritis ist sonografisch gekennzeichnet durch inhomogene Herde mit unterschiedlich stark herabgesetzter Echogenität (SCHMIDT et al. 1986).

e. Nierenabszesse

Differentialdiagnostisch wichtig ist die Abgrenzung der fokalen Pyelonephritis zum Nierenabszeß.

Die Echogenität von Abszessen ist abhängig vom Anteil von Zelldetritus und eventuell vorhandenem Gas im Inneren. Die Abgrenzung zum umliegenden Gewebe ist außer in der akuten Phase der Entstehung meist deutlich (FIEGLER et al. 1987). Von großer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die ultraschallgeführte Punktion.

Die Diagnostik **diffuser Nierenparenchymveränderungen** ist weit schwieriger.

Bei verschiedenen akuten Erkrankungen heterogener Genese, entzündlich, toxisch, vaskulär, entstehen sonografisch ähnliche Bilder. Das Parenchym ist verbreitert, die Echogenität ist verstärkt, die Echodichte jedoch verringert und der Parenchym-Pyelon-Index ist verändert (HRICAK et al. 1982, FROMMHOLD u. KOISCHWITZ 1987, FÜESSL 1993).

Von FIEGLER et al. (1981 a) wurde eine Graduierung der Echogenität bei interstitiellen Nierenerkrankungen durch den Vergleich mit Leber und Milz vorgenommen und eine gute Korrelation festgestellt.

Gleiches war bei glomerulären Veränderungen nicht möglich, hier erhöht sich lediglich unspezifisch die Echointensität. FÜESSL (1993) stellt gar keine sonografischen Veränderungen fest.

Chronische Nephritiden unterschiedlicher Genese führen ebenfalls zu wenig differenzierten sonografischen Bildern: Die Breite des Nierenparenchyms wird verringert und die Gesamtgröße der Niere sinkt. Die Niere hebt sich schlecht vom umgebenden Fett- und Bindegewebe ab (FROMMHOLD u. KOISCHWITZ 1987, KOEPPEN-HAGEMANN u. RITZ 1992, FÜESSL 1993, KATHREIN 1994).

Von besonderer Wichtigkeit ist die Verlaufsuntersuchung von Nierentransplantationen, da mit der farbkodierten Duplexsonografie die Blutversorgung des transplantierten Organs überprüft werden kann. Auch Harnabflußstörungen und Abstoßungsreaktionen sind mit einer Treffsicherheit von 80% darstellbar (FROMMHOLD u. KOISCHWITZ 1987, STEVENS et al. 1993).

2. 5 Die sonografische Untersuchung der Nieren in der Veterinärmedizin

2. 5. 1 Die sonografische Untersuchung der Nieren des Pferdes

Sonografische Untersuchungen an den Nieren des Pferdes wurden zuerst von PENNINCK et al. (1986), RANTANEN (1986), STADLER et al. (1989) und KIPER et al. (1990) durchgeführt. RAHLENBECK beschrieb 1991 eine Methodik zur diagnostischen Vorgehensweise bei der Ultraschalluntersuchung der Nieren mit einem 2,5 oder 3,5 MHz (bei Kleinpferden mit einem 5,0 MHz) Sektorscanner. Die Nieren wurden transkutan von der entsprechenden Körperseite aus in mehreren Schnitten untersucht. Die Darstellung der linken Niere gelingt ventral der Lendenwirbelquerfortsätze kaudal der letzten Rippe. Die rechte Niere wird im 15.-17. Interkostalraum untersucht.

Der Nachteil der transkutanen Untersuchung besteht in dem ausschließlich lateralen Zugang zu den Organen (RAMIREZ u. SEAHORN 1996), d. h. eine senkrechte Schnittebene ist nicht möglich.

Auch eine transrektale Ultraschalluntersuchung der linken Niere ist möglich. Dabei werden 5,0 oder 7,5 MHz Schallköpfe verwendet (RANTANEN 1986, SCHMIDT 1989, KIPER et al. 1990). Die Beurteilung einzelner Strukturen wird durch den Einsatz höherer Frequenzen verbessert.

Sonografisch beurteilbar sind die Größenverhältnisse der Niere und deren Architektur, Nierenkapsel, Rinde, Mark, perirenales Fett, intrarenale Gefäße und das harnableitende System (MATTHEWS et al. 1996, RAMIREZ u. SEAHORN 1996). Dabei besonders entscheidend ist die Echogenität der einzelnen Strukturen, auch im Vergleich zu benachbarten Organen, wie Leber und Milz.

Die Ultraschalluntersuchung der Nieren des Pferdes erlaubt die Charakterisierung von Nierenerkrankungen als solide oder zystisch, fokal, multifokal oder diffus und kann die Lokalisation als medullär oder kortikal bestimmen (HOPE 1989, MATTHEWS et al. 1996).

Die Tumordiagnostik im Abdomen von Pferden wird von HILLYER (1994) beschrieben.

Allerdings ist eine Diagnosestellung ausschließlich aufgrund sonografischer Untersuchungen nicht möglich.

Ultraschallgeführte Nierenbiopsien werden von BARRAT-BOYES et al. (1991) als wertvolles diagnostisches Hilfsmittel dargelegt.

HOFFMANN und WOOD (1993) untersuchten den Blutfluß der Arteriae arcuatae einiger Pferde mit Hilfe des Farbdopplers und maßen den resistiven Index.

2. 5. 2 Die sonografische Untersuchung der Nieren von Hund und Katze

Systematische Ultraschalluntersuchungen der Nieren von Hunden und Katzen werden bereits seit längerer Zeit beschrieben und bilden heute einen festen Bestandteil klinischer Untersuchungen (KONDE et al. 1984, KNAUFF 1987, WALTER et al. 1987, WOOD et al. 1990, BARR 1995).

Bei Hunden und Katzen eignet sich zur Ultraschalluntersuchung der Nieren besonders ein 7,5 MHz (bei großen Rassen auch ein 5,0 MHz) Sektorschallkopf. Die Untersuchung erfolgt in Rückenlage (POULSEN-NAUTRUP u. TOBIAS 1996). Die Nieren werden paramedian, kaudal der Rippen aufgesucht (die rechte Niere des Hundes ist zum Teil nur in den letzten Interkostalräumen zugänglich) und in drei Ebenen in mehreren Längs- und Querschnitten dargestellt.

Sonografische Normalbefunde:

Je nach Ebene haben die Nieren eine ovale bis bohnenförmige Gestalt. Die Größe schwankt nach Größe und Gewicht des Tieres (BARR 1992).

Die Nierenrinde ist feinkörnig, homogen und echoärmer als das Parenchym von Milz und Leber. Das Nierenmark ist anechogen und bildet im Schnitt mit dem Sinus renalis die typische Schmetterlingsform (WOOD et al. 1990, POULSEN-NAUTRUP u. TOBIAS 1996). Die Recessus pelvis erscheinen durch das umgebende Fett- und Bindegewebe echoreich, ebenso der Sinus renalis. Das Nierenbecken ist physiologisch nicht sichtbar.

Eine Unterscheidung der intrarenalen Gefäße bis zu den Arteriae arcuatae gelingt mit dem Farbdoppler. Der resistive Index wurde von MORROW et al. (1996) mit 0,61 gemessen.

Die ultraschallgeführte Nierenbiopsie ist eine weitere klinisch wichtige Anwendung in der Kleintiermedizin (POPP 1993).

Indikationen für die sonografische Untersuchung der Nieren sind abnormale Größe, palpierbare Unregelmäßigkeiten, Änderungen des Trink- und Miktionsverhaltens, akutes Abdomen und labordiagnostische Hinweise auf Erkrankungen des Harnapparates (WALTER et al. 1987).

Parenchymatöse Erkrankungen sind nach WALTER et al. (1987) nicht klassifizierbar. Der Vergleich mit Leber- und Milzparenchym ergibt in vielen Fällen ein hyperechogenes Bild, das Nierenparenchym kann aber auch vollkommen unverändert erscheinen. Sichergestellt sein muß außerdem die Gesundheit der Vergleichsorgane. Die Niere kann je nach Dauer der Erkrankung normal groß, vergrößert oder verkleinert sein. Der interstitielle, tubuläre, glomeruläre oder vaskuläre Ursprung der Erkrankung ist nicht feststellbar (KONDE 1985, BARR 1992, POULSEN-NAUTRUP u. TOBIAS 1996).

Lokale Veränderungen sind dagegen gut diagnostizierbar:

- Niereninfarkte (frische Infarkte sind echoarm und vorgewölbt, ältere sind echoreich und eingezogen)
- Verkalkungen
- Abszesse
- Zysten
- Tumoren

Urolithiasis und die daraus entstehende Nierenbeckendilatation oder Hydronephrose kann ebenfalls meist gut dargestellt werden, da das im physiologischen Zustand nicht sichtbare

Nierenbecken durch die Stauungszustände zu Tage tritt (BARR 1992, POULSEN-NAUTRUP u. TOBIAS 1996).

2. 5. 3 Die sonografische Darstellbarkeit der Nieren des Rindes

Die Nieren des Rindes wurden sonografisch von BRAUN (1990, 1993, 1997) mit einem 3,5 und einem 5,0 MHz Linear- und Sektorscanner untersucht.

Die Untersuchung der linken Niere erfolgte transrektal, indem der Schallkopf parallel zur Längsachse des Tieres in drei Positionen unter- oder oberhalb des Organs bzw. in seitlicher Position an die Niere geführt wurde. Die Niere wird in parallelen Längsschnitten dargestellt.

Der kraniale Nierenpol ist dabei einer Ultraschalluntersuchung meist nicht zugänglich.

Im Sonogramm ist die gefurchte Oberfläche der Niere gut darstellbar. Die Nierenkapsel erscheint als dünne, helle Linie. Nierenmark und -rinde sind nach BRAUN (1993) nicht differenzierbar. Die Markpyramiden erscheinen echoärmer als das übrige Parenchym und haben runde bis ovale Form.

Der Sinus renalis erscheint durch das vorhandene Fett und Bindegewebe als echogene Struktur im Zentrum. Die im Sinus renalis eingebetteten Blut- und Lymphgefäße sowie die Harnleiter konnten im physiologischen Zustand nicht differenziert werden.

Die Längsausdehnung der linken Niere kann transrektal nicht bestimmt werden. Der vertikale Durchmesser wurde mit $6,2 \pm 1,0$ cm gemessen. Der Durchmesser des Sinus renalis betrug $1,9 \pm 0,5$ cm, der Durchmesser von Nierenrinde und -mark gemeinsam gemessen $2,1 \pm 0,4$ cm.

Die rechte Niere wurde von BRAUN (1990) transkutan von der rechten Körperseite aus untersucht.

Es gibt drei Abbildungsmethoden für die Darstellung der rechten Niere:

1. in der Fossa paralumbalis können sowohl Längs- als auch Querschnitte der Niere angefertigt werden. Der Nierenhilus ist hier immer darstellbar, Blutgefäße und Harnleiter sind jedoch im physiologischen Zustand nicht differenzierbar.
2. die Darstellung im letzten Zwischenrippenraum durch das sogenannte Leberfenster.
3. durch die Zwischenräume der Wirbelquerfortsätze der letzten Brust- und ersten Lendenwirbel.

Es wurden der vertikale Durchmesser mit $5,3 \pm 0,47$ cm und die horizontale Ausdehnung mit $9,4 \pm 0,98$ cm gemessen. Dabei entfielen $1,8 \pm 0,3$ cm auf das Nierenparenchym und $1,5 \pm 0,3$ cm auf den Sinus.

Nierenrinde und -mark, sowie die Blut- und Lymphgefäße des Sinus renalis und der Harnleiter konnten transkutan ebenfalls nicht dargestellt werden.

2.5.3.1 Die Nierenbiopsie

OSBORNE et al. beschrieben 1968 erstmalig Nierenbiopsien der linken Niere beim Rind perkutan unter rektaler Fixation. Perkutane Nierenbiopsien unter sonografischer Kontrolle wurden von SEGER (1995) durchgeführt.

Indikationen für Nierenbiopsien ergeben sich bei den verschiedensten Nierenerkrankungen, da deren klinische und labordiagnostische Symptome häufig unspezifisch sind, und die histologische Überprüfung erforderlich wird.

Die Aussagefähigkeit von Nierenbiopsaten hinsichtlich des Gesamtzustandes der Niere ist abhängig von der Art der vorliegenden Erkrankung. Probleme ergeben sich bei der Blindpunktion fokaler Veränderungen. Generalisierte Nierenerkrankungen sind im Punktat besser nachweisbar. Allerdings sind auch bestimmte histologische Veränderungen, wie Zelldegenerationen und Nekrosen, häufig unspezifisches Merkmal verschiedenster Krankheitsbilder (OSBORNE 1981, SEGER 1995).

Relative Kontraindikationen für Nierenbiopsien sind unter anderem bakterielle Infektionen und Nierentumoren (SEGER 1995).

2.5.3.2 Die sonografische Darstellung der erkrankten Nieren des Rindes

Das sonografische Bild von Nierenerkrankungen beim Rind ist nur in wenigen Fällen beschrieben worden. Man geht davon aus, daß sich die sonografischen Veränderungen nicht wesentlich von denen anderer Tierarten und des Menschen unterscheiden.

Parenchymatöse Nierenerkrankungen sind nach BRAUN (1997) nur selten sonografisch diagnostizierbar, da die Niere bei Einwirkung verschiedener Noxen uniform mit Zunahme von Echodichte, Größe und Parenchymbreite reagiert.

Pyelonephritis bacteritica

HAYASHI et al.(1994) beschrieben einen mit Hilfe des Ultraschalls diagnostizierten Fall einer Pyelonephritis bei einer Milchkuh. Hierbei war das harnableitende System dilatiert und mit echogenem Material gefüllt. Die rechte Niere war im Gegensatz zur linken vergrößert. Die Ultraschalluntersuchung half die Schwere der Erkrankung festzustellen, die Diagnose zu bestätigen und die Therapie festzulegen. HIRSBRUNNER et al. (1996) beschrieben einen Fall chronischer, unilateraler eitriger Pyelonephritis. Im sonografischen Bild stellte sich das Nierenparenchym inhomogen dar. Das Nierenbecken war erweitert und mit echogenem Material gefüllt. Die Begrenzung des Nierenbeckens war stark hyperechogen.

Auch in diesem Fall trug die Ultraschalluntersuchung wesentlich zur Diagnosestellung bei.

Nierenamyloidose

Nach BRAUN (1997) sind bei der Amyloidose immer beide Nieren vergrößert. Das Parenchym zeigt ein überwiegend echoreiches, inhomogenes Bild mit schmalere oder aufgehobenem Sinusreflex.

Nierenzysten

Diese stellen sich im sonografischen Bild als von einem hellen Reflex scharf begrenzte, echoarme, runde Gebilde dar. Sie treten einzeln oder multipel, aber meist als sonografischer Zufallsbefund auf.

Im Gegensatz dazu ist das Bild der polyzystischen Nierendegeneration mit einer Zerstörung der gesamten Nierenstruktur verbunden (BRAUN 1997).

Urolithiasis

Bei einer Verlegung des harnableitenden Systems erscheinen der Harnleiter, das Nierenbecken sowie das Nierenbeckenkelchsystem je nach Lokalisation und Grad der Obstruktion gestaut. Konkrementen sind als echoreiche Strukturen mit distaler Schallauslöschung erkennbar (BRAUN 1997). Es muß auf Anzeichen für eine Ureter- oder Nierenruptur geachtet werden.

DIVERS et al. (1989) beobachteten bei der sonografischen Untersuchung eines Rindes mit Nephrolithiasis eine Erweiterung des harnableitenden Systems mit multiplen hyperechogenen Reflexen im Inneren, welche als Steine interpretiert wurden.

2.6 Intraoperative und laparoskopische Sonografie in der Humanmedizin

2.6.1 Intraoperativer Ultraschall

Unter intraoperativem Ultraschall versteht man den Einsatz von sterilen Ultraschallsonden an Organen der eröffneten Bauch- oder Beckenhöhle (HÖLSCHER 1995). Es kommen je nach Indikation bzw. Lokalisation des interessierenden Bereiches kleine zylindrische oder flache Sonden zum Einsatz (MACHI u. SIGEL 1996), die I-, L- oder T förmig gestaltet sein können. Je nach zur Verfügung stehender Kontaktfläche und Indikation werden Linear- oder Sektorscanner eingesetzt. Die angewandten Frequenzen sind abhängig von der Größe und Lage des zu untersuchenden Organs (SIGEL 1988).

2.6.1.1 Geschichtlicher Überblick

Die ersten intraoperativen Ultraschalluntersuchungen wurden in den sechziger Jahren im A-Mode Verfahren durchgeführt. Dabei waren die ersten Indikationen die Diagnostik von Nierensteinen (SCHLEGEL et al. 1961) und von Gallensteinen (EISEMANN et al. 1965).

Da die Ergebnisse des A-Mode Verfahrens und des frühen B-Modes jedoch schwierig zu interpretieren waren, und die Anwendung der recht primitiven Sonden hinderlich, sank das Interesse an dieser Methode in den beiden folgenden Jahrzehnten wieder. Erst in den späten siebziger Jahren wurden im Zuge der Entwicklung höherfrequenter Real-time Geräte erneut intraoperative Ultraschalluntersuchungen durchgeführt. In den achtziger Jahren erfolgte die Einführung dieser Technik in verschiedenen Bereiche der Chirurgie:

Tab.1.1 Einsatzgebiete und erstmalige Anwendung der intraoperativen Sonografie

Cook u. Lytton	1981	Darstellung von Nierensteinen
Lane u. Crocker	1979	Darstellung von Gallensteinen
Makuuchi et al.	1988	Nachweis von Lebertumoren
Chandler u. Rubin	1988	Anwendung in der Neurochirurgie
Sigel et al.	1981	Anwendung in endokriner Chirurgie
Shkolnik u. McLone	1981	Anwendung in der Herzchirurgie
Sahn et al.	1982	Anwendung in der Gefäßchirurgie
Takamoto et al.	1985	Erster Einsatz der Dopplertechnik in der intraoperativen Gefäßdiagnostik

Heute stellt die intraoperative Ultraschalluntersuchung in der Humanmedizin ein bereits bewährtes Hilfsmittel in der operativen Verfahrenswahl, zur Lokalisation pathologischer Prozesse und zur Entwicklung neuer Operationstechniken dar (RÜCKERT u. KLOTTER 1986).

Der Vorteil intraoperativer Sonografie liegt zum einen in der größeren Nähe zum Organ, indem der Transducer direkt aufgesetzt werden kann, wodurch höhere Frequenzen mit verbesserter Detailerkennbarkeit zur Anwendung kommen können (MACHI et al. 1996). Zum anderen werden Strukturen, welche Inspektion, Palpation und auch der Laparoskopie verborgen bleiben darstellbar, da der Ultraschall die Sicht in die Strukturen erlaubt (SOHN et al. 1995). Die Aussagegenauigkeit transkutanen Ultraschalls ist häufig eingeschränkt durch schlechtes Auflösungsvermögen in der Tiefe, Meteorismus und durch von Rippen verdeckte Raumforderungen (OTA et al. 1982, RAU et al. 1994).

2.6.2 Endoskopischer Ultraschall oder Endosonografie

Da die transkutane Ultraschalluntersuchung abdomineller Organe bei verschiedenen Fragestellungen nur unzureichende Ergebnisse liefert, wurden spezielle Ultraschallsonden entwickelt, welche durch Körperöffnungen eingeführt werden können und den Schallkopf näher an interessierende Bereiche bringen (LINHART et al. 1984). Die Vorteile bestehen in der Umgehung störender Überlagerungen wie Gas oder Knochen und der Vermeidung von Brechung und Abschwächung der Ultraschallwellen an der Körperwand, sowie die Möglichkeit des Einsatzes höherer Schallfrequenzen (STROHM u. CLASSEN 1984). **Transrektal** bestehen die Indikationen in der Untersuchung von Prostata, Samenblasen und der Abklärung von Prozessen im hinteren Darmabschnitt (LINHART et al. 1984, JASPERSEN 1991). **Transurethrale** und **transvaginale** Ultraschalluntersuchungen haben bereits einen festen Stellenwert in der gynäkologischen und urologischen Diagnostik (BÖNHOF et al. 1986, FEIFEL et al. 1990).

Auch die **oesophago-gastroskopische** Anwendung besteht routinemäßig und liefert Informationen über Magen- und Ösophaguswand, aber auch über benachbarte Strukturen, wie Pankreas und Leber (STROHM u. CLASSEN 1984, BÖNHOF et al. 1985 b, RÖSCH 1993).

2.6.3 Laparoskopischer Ultraschall

Eine weitere Entwicklung bestand in dem Einsatz steriler endoskopischer Ultraschallsonden während laparoskopischen Untersuchungen.

Laparoskopischer Ultraschall vereint die Vorteile der diagnostischen Laparoskopie und der intraoperativen Sonografie, da dieser die bei der Laparoskopie fehlende Palpationsmöglichkeit ersetzt und den Blick ins Innere der Organe ermöglicht (BÖNHOF et al. 1985 a,c , TROMBETTA et al. 1994 b und 1996 a, FEUSSNER et al. 1994, SOHN et al. 1996). Retroperitoneale Organe, die bei der Laparoskopie ohne Ultraschall optisch überhaupt nicht oder nur als Vorwölbung erfaßbar sind, können so gezielt untersucht werden (FRANK et al. 1983, GOLDBERG et al. 1993). Die Anwendung bei der Laparoskopie stellt für den Patienten keine wesentliche weitere Belastung dar. Die verlängerte Untersuchungszeit wird bei gezielter Fragestellung aufgrund der zu erwartenden Ausbeute als gerechtfertigt angesehen (FRANK et al. 1983).

2.6.3.1 Geschichtlicher Überblick

Tab.1.2 Einsatzgebiete und erstmalige Anwendung der laparoskopischen Sonografie

JAHR	AUTOREN	TECHNIK	DARSTELLUNG
1958	Yamakawa	A- Mode	Echomuster Gallenblasenkarzinom
1959	Kikuchi		Darstellung abdomineller Organe
1961	Hayashi, Wagai und Miyazawa		Cholelithiasis, Brusttumore
1975	Look, Henning u. Yano		Gallenblasenwandechos
1978	Kratochwil u. Reinhold		Größenmessung am Ovar
1982	Furukawa et al.	Real-time, 7,5 MHz, Sektor	
1982	Fukuda et al.	A- Mode, 2 US- Sonden	
1982	Ota et al.	Kombination Laparoskop-Scanner	Tumordiagnostik, Leber, Gallenblase, Pankreas
1982	Aramaki et al.	Linearscanner	

Die ersten Versuche mit der laparoskopischen Sonographie im A-Mode Verfahren stammen von japanischen Arbeitsgruppen: YAMAKAWA und WAGAI (1958) stellten charakteristische Echomuster des Gallenblasenkarzinoms mit Hilfe des A-Mode Scanners dar. KIKUCHI (1959) beschrieb in einer Arbeit diese Methode zur Untersuchung abdomineller

Organe. Die Arbeitsgruppe um HAYASHI (1961) stellte ebenfalls die laparoskopische Sonographie im A-Mode Verfahren mit einem mit 5 MHz arbeitenden Transducer vor und traf die Feststellung, daß die Anwendung dieser Methode bei verschiedenen Erkrankungen der Bauchhöhle möglich sei.

Durch die bei der Geschichte der intraoperativen Sonografie bereits beschriebenen Schwierigkeiten mit dem A-Mode Verfahren wurden diese Forschungen jedoch vorerst nicht klinisch aufgegriffen und weiterverfolgt.

Erst 1978 mit den Arbeiten von KRATOCHWIL et al. im Bereich der Gynäkologie und der Einführung der Real-time Sonografie von FURUKAWA et al. (1982) wurden entsprechende Untersuchungen wieder aufgenommen..

OTA et al.(1982) setzten ein mit einem Laparoskop kombinierten Scanner zur Diagnostik von Tumoren der Leber, des Pankreas und der Gallenblase ein und fanden mit einem transkutanen Vergleichsscanner nicht gesehene Lebermetastasen. Sie bemerkten auch die vergrößerte laterale Auflösung dieses Systems. Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen OHTA et al. (1981). Laparoskopische Ultraschalluntersuchungen im Real-time Verfahren wurden in den folgenden Jahren von verschiedenen Autoren und mit unterschiedlicher Technik beschrieben . Es kamen sowohl starre als auch flexible Ultraschallsonden mit Frequenzen von 3-12 MHz und verschiedenen Schnittfeldbreiten zum Einsatz (FUKUDA et al. 1982, ARAMAKI et al.1982, KODAMA et al. 1982, OHTA et al. 1983, FRANK et al. 1983, RAU et al. 1994, HÖLSCHER 1995).

Abhängig von der bestehenden Indikation haben sich flexible oder teilweise flexible Schallapplikatoren mit einer höheren Frequenz von 7-10 MHz, für die direkte Untersuchung des Pankreas Frequenzen bis 12 MHz bewährt (FEUSSNER et al. 1994, MACHI u. SIGEL 1996).

2.6.4 Einsatzmöglichkeiten intraoperativen und laparoskopischen Ultraschalls

a diagnostische Anwendungen

- Tumordiagnostik (BIRTH et al. 1998)
- Leber-und Gallenerkrankungen (HÖLSCHER 1995)
- Gynäkologie (BÖNHOF et al.1986)
- Biopsien, Instillation von Medikamenten (DANKWARDT 1991)

b therapeutische Anwendungen

- Tumorthherapie (WALTHER et al.1994)
- Resektionen und Teilresektionen von Organen (POLASCIK et al. 1995)
- Transplantationen (LANTZ et al.1994)
- Lithotomien (SIGEL 1988)

Intraoperativer Ultraschall erlaubt vor allem in der **Tumordiagnostik und -therapie** eine entscheidende Verbesserung der Lokalisation nicht oberflächlich gelegener Metastasen im gesamten Abdominalbereich. Ausdehnung, Infiltration und Aufbau der Tumoren können besser erkannt und für das Staging genutzt werden (RODRIGUEZ et al. 1995).

Besonderen Stellenwert gewann diese Methode beim Nachweis von Lebermetastasen, bei welcher Indikation sie die höchste Sensitivität im Vergleich zu anderen Verfahren aufweist (HÖLSCHER 1995).

Weitere typische Anwendungen intraoperativer und laparoskopischer Sonografie sind die **Cholezystektomie** (BIRTH et al. 1998), die ultraschallgeführte Lebersegmentresektion oder -transplantation (WALDMANN et al. 1998), die Untersuchung der Gallenwege und des Pankreas (RÜCKERT u. KLOTTER 1986).

Der laparoskopische Ultraschall hat in den meisten chirurgischen Anwendungsgebieten der Laparoskopie Einzug gehalten. Besondere Möglichkeiten bieten sich in der **Gynäkologie** (BÖNHOF et al. 1986, HURST et al. 1996), hier sind das Innere der Ovarien und der Uteruswand auch während Operationen präziser darstellbar. Die seit den ersten Einsätzen der laparoskopischen Sonografie bestehende Indikation im Bereich der Diagnose von **hepatobiliären Erkrankungen**, sowie der Tumordiagnostik im gesamten Abdomen ist auch heute die vorherrschende Anwendung (GOLDBERG et al.1993, RAU et al. 1994, GLASER et al. 1995, BIRTH et al. 1998).

DANKWARDT (1991) stellt besonders die Vorteile der laparoskopischen Sonografie hinsichtlich gezielter "double guided" **Punktionen** abdomineller Organe und exakter Instillation von Medikamenten direkt in erkranktes Gewebe, beispielsweise in Tumoren, heraus.

Die möglichen Komplikationen der Methode sind die gleichen wie bei einfacher Laparoskopie. In Abhängigkeit von der Untersuchungszeit können Schmerzen und Brechreiz auftreten (DANKWARDT 1991)

2.6.5 Intraoperative und laparoskopische Sonografie in der Nephrologie

Die ersten Untersuchungen mit Hilfe des intraoperativen Ultraschalls wurden unternommen um Nierensteine, welche sich während Operationen möglicherweise verlagert hatten lokalisieren zu können und um kleine Steine oder Steinabsprengungen besser sichtbar zu machen (SCHLEGEL et al. 1961, SIGEL 1988).

In den letzten Jahren wurden die Möglichkeiten invasiven Ultraschalls in der Nephrologie vermehrt genutzt (ASSIMOS et al. 1991, TROMBETTA et al. 1996 b). Eine Ursache dafür liegt in der Zunahme laparoskopischer Nephrektomien, bzw. Teilresektionen unter Schonung von möglichst viel unverändertem Nierengewebe (TROMBETTA et al. 1994 a, WALTHER et al. 1994, POLASCIK et al. 1995, GIUFFRIDA et al. 1997).

In der **Tumorthherapie** kann die intraoperative oder laparoskopische Sonografie wesentlich zur Festlegung von Operationsstrategien beitragen, da Tumorausdehnung und Einbrüche in Gefäße genau lokalisiert werden können (WALTHER et al. 1994, CAMPBELL et al. 1996,). HARRIS et al. (1994), LONG et al. (1993) und ROTH et al. (1995) konnten nach Auffüllung der Bauchhöhle mit Natriumchloridlösung bei Patienten mit Verdacht auf intracavale Tumortromben deren Ausdehnung laparosonografisch präzise darstellen, mit einer Sensitivität, welche auch durch Computertomografie z.T. nicht zu erreichen ist. Das Embolierisiko kann somit gesenkt werden (MARSHALL et al. 1992). Probleme entstanden selten durch von starken Turbulenzen in der Vena cava verursachte Artefakte.

Intraoperativer Farbdoppler ist in der nephrologischen Chirurgie ein wirksames Hilfsmittel um bei **Transplantationen** und Revaskularisationen renaler Gefäße Probleme des Blutflusses zu erkennen solange sie noch korrigierbar sind (KRESOWIK 1993, LANTZ et al. 1994, MARTINO et al. 1994).

Die **Differentialdiagnose polyzystischer Erkrankungen, der Nephrolithiasis und von Neoplasien** während Operationen kann entscheidend verbessert werden (VANIAN 1989).

Das Auffinden von unidentifizierten Zysten bei polyzystischen Erkrankungen (BROWN et al. 1996, ELASHRY et al. 1996), sowie von Steinen (MASCITELLI et al. 1993) wird durch Methoden des invasiven Ultraschalls erleichtert. LIFSON et al. (1998) beschreiben die sonografisch unterstützte laparoskopische Therapie bei zystischen Nierenkrankheiten.

Vorteile der Anwendung werden unter anderem darin gesehen, daß die Ultraschalluntersuchung während einer Operation beliebig häufig wiederholt werden kann und eine Unterstützung intraoperativ zu treffenden Entscheidungen (Größe und Lage von Schnitten, Position und Ausdehnung von Steinen, Tumoren etc.) darstellt (VANIAN 1989).

Nachteile der Anwendung laparoskopischer Sonografie zum derzeitigen Stand sehen die Autoren in den noch hohen Kosten für einen klinischen Einsatz, der mangelnden Erfahrung der Kliniker und der zu geringen Zahl von veröffentlichten Studien und Erfahrungen zum Einsatz (SIGEL 1988, DANKWARDT 1991, RÖSCH 1993, TROMBETTA et al. 1994a).

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3 TIERE, MATERIAL UND METHODEN

3.1 Technik

Das verwandte Ultraschallgerät ist ein Typ Eccocee SSA-340A/3E der Firma Toshiba mit einem elektronischen Linearschallkopf, welcher mit Frequenzen von 5, 7,5 und 8 MHz arbeitet und einem elektronischen Konvexschallkopf mit Frequenzen von 3, 3,7 und 6 MHz. Die minimal einstellbare Eindringtiefe beider Scanner liegt bei 4 cm und die maximale bei 23,6 cm. Außer der Real-time Sonografie bietet das Ultraschallgerät die Möglichkeit der farbkodierten Duplexsonografie mit gepulstem Dopplersystem.

Alternativ kann eine laparoskopische Linearsonde angeschlossen werden.

Diese Sonde hat eine Arbeitslänge von 40 cm und arbeitet linear mit Frequenzen von 5, 7,5 und 8 MHz. Bei laparoskopischen Ultraschalluntersuchungen werden zusätzlich ein Laparoskop mit starrer Optik 10 mm, 30° Winkelung, 57 cm Länge, eine Endokamera Telecam SL, ein Lichtleitkabel Fluid 5mm, eine Kaltlichtquelle Xenon 300 und ein Monitor Triniton Color eingesetzt. Die Ultraschallsonde ist durch einen 11 mm Trokar in die Bauchhöhle einzuführen. Zur gleichzeitigen Darstellung von Ultraschall- und Laparoskopiebild auf dem Farbmonitor dient ein Softwaremodul Twinvideo der Firma Storz.

An das Ultraschallgerät sind ein Farb- und ein Schwarzweißdrucker, sowie ein SVHS-Videorecorder der Firma Panasonic (NV-HS 950) angeschlossen.

Die Dokumentation der Untersuchungen erfolgt mit Hilfe ausgedruckter Bilder und durch SVHS-Videoaufnahmen.

Für intraoperative und laparoskopische Untersuchungen ist entsprechendes chirurgisches Instrumentarium erforderlich.

3.2 Tiere

In der Zeit von März 1998 bis Mai 1999 wurden in der Chirurgischen Tierklinik die rechten und linken Nieren von 50 weiblichen Milchrindern der Rasse Holstein-Friesian und Schwarzbuntes Milchrind sonografisch untersucht. Es handelte sich dabei ausschließlich um Tiere, welche aus diagnostischen Gründen bzw. aufgrund einer Labmagenverlagerung überwiesen wurden..

An allen untersuchten Rindern wurden Größenmessungen (Widerristhöhe, Brustumfang) vorgenommen.

Der Ernährungszustand wurde subjektiv und mit Hilfe der sonografischen Rückenfettdickemessung nach LÖSCHNER u. STAUFENBIEL (1996) und STAUFENBIEL (1997) bestimmt. Dabei wird im kaudalen Fünftel einer gedachten Linie zwischen Tuber ischiadicum und Tuber coxae eine sonografische Vergleichsmessung des Unterhautfettgewebes vorgenommen.

Alle Tiere wurden einer bei Rindern üblichen klinischen Untersuchung unterzogen (JAKSCH u. GLAWISCHNIG 1981, GRÜNDER 1990). Es folgte eine spezielle Untersuchung des Harnapparates mit klinischen und labordiagnostischen Methoden:

Blutproben: von allen Rindern wurden Blutproben aus der Vena jugularis entnommen und Serum hergestellt. Dieses wurde eingefroren, gesammelt und in Gruppen von 10-20 Proben labordiagnostisch untersucht.

Harnproben: der mittels Katheder gewonnene oder spontan abgesetzte Harn wurde sofort nach Probengewinnung untersucht

Beide Nieren der Tiere wurden intraoperativ palpatorisch und soweit möglich adspektorisch untersucht.

3. 2. 1 Labordiagnostische Untersuchungen

3. 2. 1. 1 Harnuntersuchungen

Sofort nach Entnahme des Harnes wurde die Optik und der Geruch des Harnes beurteilt.

Die **Harndichtemessung** erfolgte mit einem Dichtespektrometer. Dabei mußte berücksichtigt werden, daß einige Probanden zum Untersuchungszeitpunkt bereits eine Infusion mit bis zu 10 Litern 0,9 prozentiger Kochsalzlösung erhalten hatten, welche die relative Dichte des Harnes absenkte.

Die Untersuchung der Harnparameter **pH-Wert**, Konzentrationen an **Leukozythen**, **Erythrozythen**, **Protein**, **Nitrit**, **Glukose**, **Ketonkörpern** und **Bilirubin** wurde mit Hilfe der Teststreifen des Comburtestes vorgenommen.

Nachfolgend wurde die Harnprobe zentrifugiert und das **Sediment** mikroskopisch untersucht.

3. 2. 1. 2 Blutuntersuchungen

Die Untersuchungen des Blutserums wurden im Labor der Medizinischen Tierklinik Leipzig vorgenommen. Es wurde die Konzentration an **Kreatinin, Harnstoff, Phosphor, Chlorid, Natrium** und **Kalium** bestimmt.

(Eine Übersicht klinischer und labordiagnostischer Untersuchungsergebnisse zu allen Tieren befindet sich im Anhang.)

3. 3 Transkutane Ultraschalluntersuchung der Nieren

Die transkutane Ultraschalluntersuchung muß stets vor jeder Eröffnung der Bauchhöhle erfolgen, da die einströmende Luft sonografische Untersuchungen zu einem späteren Zeitpunkt unmöglich macht. Der Untersuchungs- und Operationsraum wurde soweit als möglich abgedunkelt.

Die rechte Niere wurde transkutan dargestellt, indem der Schallkopf auf die seitliche Körperwand in den von BRAUN (1990) beschriebenen Positionen kaudal der letzten Rippe in der Fossa paralumbalis, im 12. Interkostalraum und im Zwischenraum der Querfortsätze der ersten Lendenwirbel aufgesetzt wurde. Dazu wurde die Fossa paralumbalis, der letzte Interkostalraum und der Bereich der letzten beiden Brust- und aller Lendenwirbel auf der rechten Körperseite rasiert und mit einem Ultraschallkontaktgel versehen. Es wurden ein Konvexschallkopf (mit einer eingestellten Frequenz von 3,7 MHz) und ein Linearschallkopf (mit einer eingestellten Frequenz von 5 MHz) verwandt um die rechte Niere in verschiedenen Ebenen darzustellen. Die linke Niere konnte nur in Einzelfällen mit dem Konvexscanner (mit einer Frequenz von 3 oder 3,7 MHz) abgebildet werden, wenn kein Darmgas ein sonografisches Durchdringen des Abdomens verhinderte.

Es wurden Quer-, Längs- und Schrägschnitte, wenn möglich beider Nieren, angefertigt. Messungen an der rechten Niere erfolgten an einem horizontalen und einem vertikalen Schnitt in der Fossa paralumbalis und an einem vertikalen Schnitt im 12. Interkostalraum .

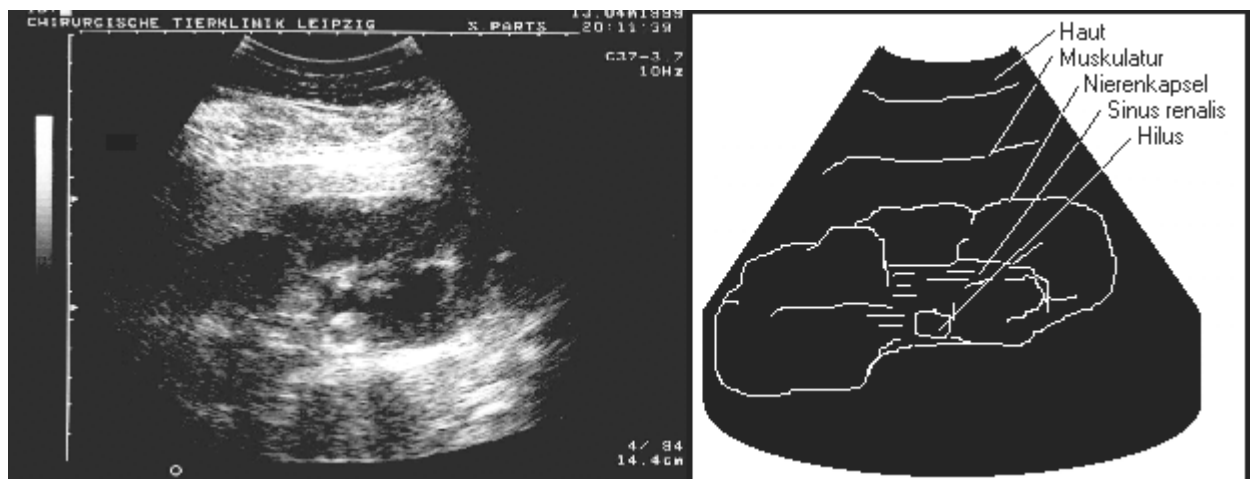


Abb. 3.1 Transkutane Ultraschalluntersuchung (horizontaler Paralumbalschnitt) einer rechten Niere

Geräteeinstellung: Ein mit Frequenzen von 3, 3,7 und 6 MHz arbeitender Sektorschallkopf wurde auf eine Frequenz von 3,7 MHz, und ein im Bereich von 5, 7,5 und 8 MHz arbeitender Linearschallkopf wurde auf 5 MHz eingestellt. Die erforderliche Gesamtverstärkung lag bei 100 dB. Zeitabhängige Verstärkung, Eindringtiefe und Bildkontrast wurden während den Untersuchungen variiert.

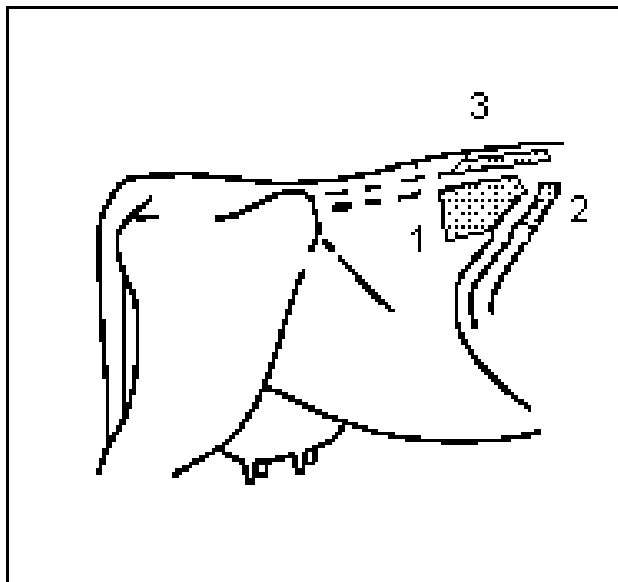


Abb. 3.2 Untersuchungsbereiche zur Sonografie der Nieren des Rindes

- 1 in der rechten Fossa paralumbalis (Untersuchung der linken und rechten Niere)
- 2 im rechten 12. Interkostalraum (Untersuchung der rechten Niere)
- 3 zwischen den ersten 4 Lendenwirbelquerfortsätzen (Untersuchung der rechten Niere)

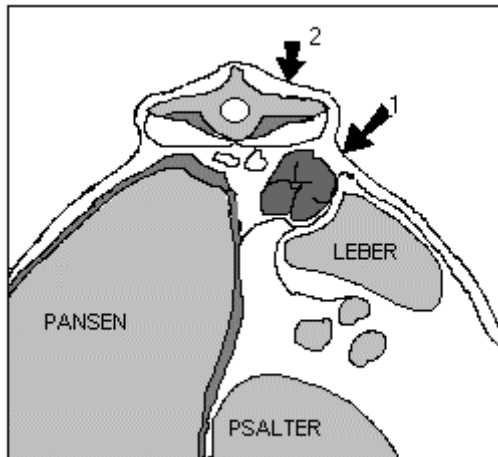


Abb. 3.3 Schnitt durch das Abdomen eines Rindes auf Höhe des 13. Brustwirbels

Position des Schallkopfes zur Untersuchung der rechten Niere im 12. Interkostalraum (1), sowie zwischen 13. Brust- und 1. Lendenwirbel (2).

Es wurden jeweils der Abstand des Schallkopfes zur Nierenkapsel, die Dicke von Capsula adiposa, Nierenrinde, -mark, Sinus renalis, sowie der horizontale und vertikale Gesamtdurchmesser der Niere gemessen.

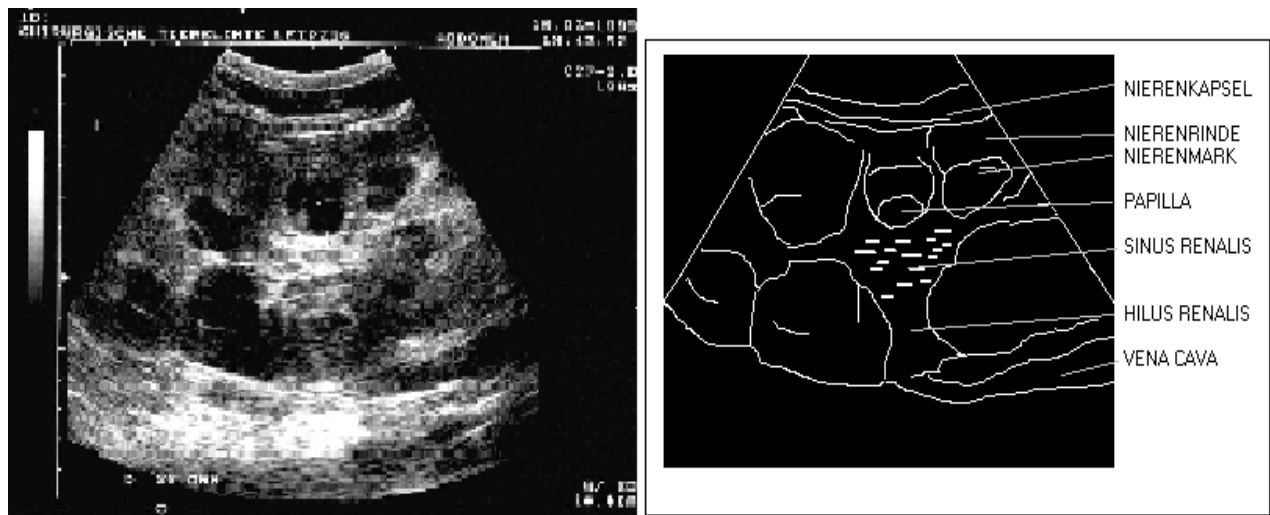


Abb. 3.4 Transkutane sonografische Darstellung einer rechten Niere in der Fossa paralumbalis

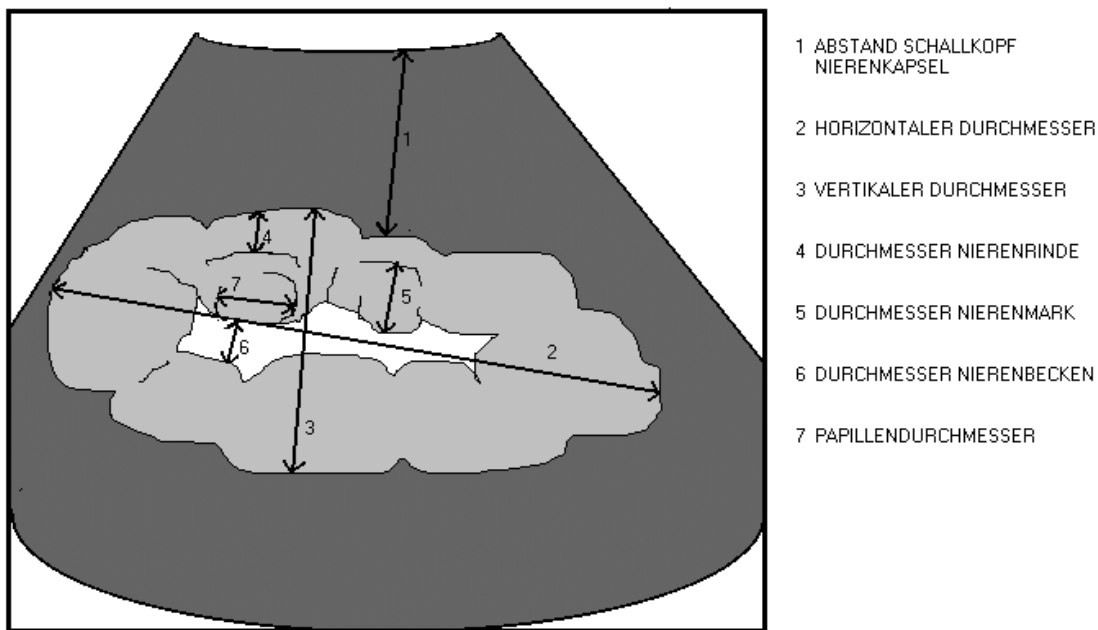


Abb. 3.5 Schematische Darstellung von Meßgrößen bei der sonografischen Untersuchung der Nieren, modifiziert nach BRAUN (1997)

3. 4 Intraoperative Ultraschalluntersuchung der Nieren

Die intraoperative Sonografie an den Nieren des Rindes wurde während diagnostischer oder therapeutischer Laparotomien bei geöffneter Bauchhöhle durchgeführt. Der Operationsschnitt befand sich in allen Fällen auf der rechten Körperseite. Nach routinemäßiger Vorbereitung der Operationsfläche (Entfettung und Reinigung mit Alkohol, Behandlung mit Jod) und proximaler und distaler Paravertebralanästhesie der ersten 4 Lendenwirbel mit 2% Lidocain wurde der Operationsschnitt in der rechten Fossa paralumbalis, ca. eine Handbreit kaudal der letzten Rippe und eine Handbreit unter den Lendenwirbelquerfortsätzen gesetzt. Bei einigen Tieren war zusätzlich zur Lokalanästhesie eine intravenöse Sedation mit Xylazin 2% (0,5 ml) nötig.

Die sonografische Untersuchung erfolgte stets nach Palpation und soweit möglich Adspektion aller Abdominalorgane, nach Entgasung und Rückverlagerung des Labmagens, sowie Omentopexie bei Labmagenoperationen.

Der Linearscanner, der dabei zur Anwendung kam, wurde in einen sterilen Handschuh mit Gleitgel verbracht, und das Kabel mit einem sterilen Abdecktuch umhüllt. Der Scanner wurde auf eine Frequenz von 7,5 MHz eingestellt.

Zuerst erfolgte stets die Untersuchung der rechten Niere in verschiedenen Schnittebenen, um eine Vorstellung von der Lage der Bestandteile des Organs, sowie möglicher fokaler Veränderungen zu gewinnen. Daraufhin sind jeweils zwei definierte Schnitte, ein Quer- und ein Längsschnitt in Hilusnähe (s. Abb. 3.6.), angefertigt worden, an welchen die Dicke der einzelnen Nierenschichten gemessen und die Echoqualitäten beurteilt wurden .

Weiterhin wurden zur späteren Beurteilung insgesamt 5 Schnittbilder ausgedruckt, welche entweder Hinweise für eventuelle Veränderungen geben könnten, oder bei unverdächtigen Nieren das Organ möglichst vollständig darstellen. Die Blutversorgung und die Durchblutung der einzelnen Gewebeschichten konnte mit Hilfe der farbkodierten Dopplersonografie dargestellt werden.

Nach Beendigung der Sonografie an der rechten Niere wurde die linke Niere auf die gleiche Art und Weise untersucht.

Die Bedienung des Ultraschallgerätes erfolgte bei intraoperativen Untersuchungen entweder durch eine Hilfsperson oder der Untersuchende führte mit der linken Hand den Scanner und bediente mit der rechten Hand das Ultraschallgerät. Die letztere Methode erfordert jedoch einige Übung, da die linke Niere in der Bauchhöhle frei beweglich und schlecht zu fixieren ist.

Verändert wurde dabei die Gesamtverstärkung des Ultraschalls in einem Bereich zwischen 80 und 90 dB um die Qualität der Bilder in den verschiedenen Schallkopfpositionen zu optimieren. Ebenfalls variiert wurde die Eindringtiefe des Signals je nach Abhängigkeit von der Scannerposition und der Bildkontrast.

Die Untersuchungszeit betrug 5-10 Minuten in Abhängigkeit von der Stärke der Bewegungen des Tieres.

Nach Beendigung der Untersuchungen wurde die Bauchhöhle nach den in der Chirurgischen Tierklinik Leipzig üblichen Methoden verschlossen.

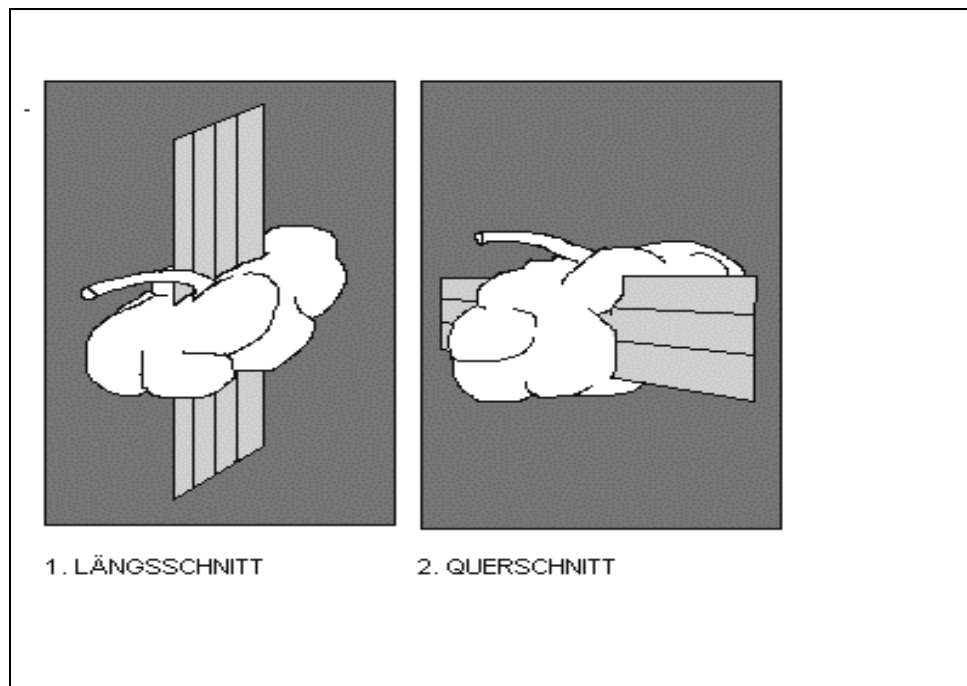


Abb. 3.6 Schallkopfpositionen, in denen bei intraoperativen Untersuchungen Größenmessungen und Beurteilungen sonografischer Parameter vorgenommen wurden

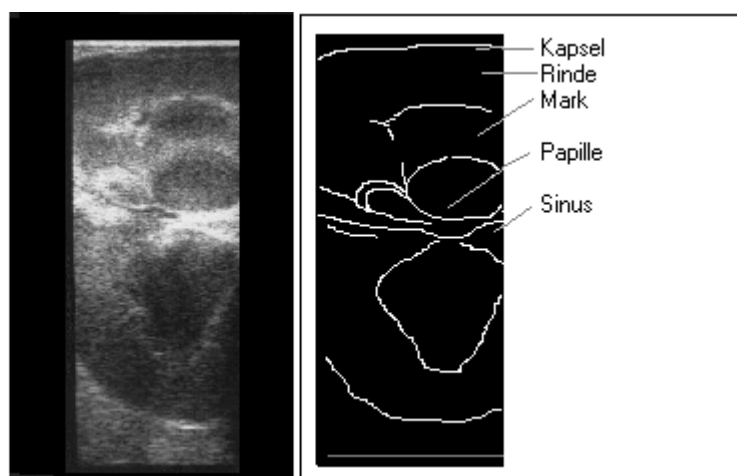


Abb. 3.7 Intraoperative sonografische Darstellung eines Nierenlängsschnittes

3.5 Laparoskopische Ultraschalluntersuchung der Nieren

Die Ultraschalluntersuchung mit der laparosonografischen Sonde wurde zunächst ebenfalls bei geöffneter Bauchhöhle in einem leicht abgedunkelten Raum vorgenommen. Die 40 cm lange Sonde kann mit einer in Wasser verdünnbaren Sterilisationslösung aus Glyoxal und

Glutardialdehyd (Helipur plus) sterilisiert werden, in welche sie mindestens 1 Stunde vor Gebrauch verbracht wurde. Die Sonde wurde kurz vor Anwendung vom Untersucher aus der Lösung entnommen und mit 0,9 prozentiger Natriumchloridlösung abgespült.

Der Kopf der Sonde ist mit Hilfe von zwei Rädern in alle Richtungen beweglich. Er wird auf das zu untersuchende Organ, die Nieren, aufgesetzt und liefert Schnittbilder aus allen Ebenen des Organs.

Die Frequenz kann zwischen 5, 7,5 und 8 MHz gewählt werden. Bei den Untersuchungen der Nieren des Rindes ist eine Frequenz von 7,5 MHz am besten geeignet. Es wurden die gleichen Schnittbilder angefertigt und ausgedruckt wie bei der intraoperativen Applikation eines normalen Schallkopfes.

Ebenso wurden die Messungen an denselben Positionen vorgenommen. Bei der Anwendung der Ultraschallsonde ist eine Hilfsperson unbedingt erforderlich um Einstellungen am Ultraschallgerät vorzunehmen.

Bei zwei Rindern wurde diese Untersuchung in Kombination mit einem Laparoskop durchgeführt. Beide Geräte (Laparoskop und Ultraschallsonde) wurden nach Vorbereitung des Operationsfeldes und Lokalanästhesie zweier kleiner Stellen, durch ca. 2 cm große Hautschnitte mit Hilfe von Trokaren in der rechten Flanke des Tieres in die Bauchhöhle eingeführt. Die Hautschnitte befinden sich ca. im Abstand von 10 cm eine Handbreit unter den Lendenwirbelquerfortsätzen. Eine Insufflation des Abdomens mit CO₂ ist beim Rind nicht erforderlich, der Druckausgleich durch die einströmende Luft ist ausreichend. Das Laparoskop ist mit einer Endokamera und einer Lichtquelle verbunden.

Die sonografischen Untersuchungen finden unter laparoskopischer Sicht statt.

3. 6 Sonografische Merkmale

3. 6. 1 Quantitative Untersuchungen

Sowohl bei der transkutanen, als auch bei intraoperativen und laparoskopischen Ultraschalluntersuchungen wurden in jeweils 2 Schnitten pro Niere der Durchmesser der Bestandteile des Nierenparenchyms und des Sinus renalis gemessen. Falls in den definierten Schnitten keine Papille abgrenzbar war, wurde eine gut darstellbare auf einem zusätzlichen Schnittbild vermessen.

Ebenfalls ermittelt wurde der Gefäßdurchmesser der Arteria und der Vena renalis innerhalb der Niere im Hilus renalis und einer A. und V. arcuata. Blutflußmessungen mit Hilfe des

Farbdopplers an den Aa. arcuatae, wie vorgesehen, konnten nur bei einigen Tieren vorgenommen werden, da die Bewegungen der Rinder oft zu stark störten.

In einigen Fällen war der Harnleiter innerhalb der Niere deutlich differenzierbar. In diesen Fällen wurde auch dessen Durchmesser ermittelt .

Bei der transkutanen Sonografie wurde zusätzlich der Abstand des Schallkopfes zur Nierenkapsel dokumentiert.

Die Dicke der die Nieren umgebenden Capsula adiposa wurde gleichfalls ermittelt, da bestimmt werden sollte, ob eine Korrelation zur sonografisch bestimmten Rückenfettdicke des Tieres vorliegt.

Die Messungen erfolgten mit Hilfe der Meßeinstellungen des Ultraschallgerätes, bzw. wurden aus Zeitersparnis zu einem Teil später am ausgedruckten Bild durch Verhältnisgleichungen aus einigen wenigen Messungen ermittelt.

3. 6. 2 Qualitative Untersuchungen

Es wurden die Echogenität der einzelnen Bestandteile, die Echodichte, die Einzelechos und die Homogenität der Schichten (modifiziert nach BÖNHOF 1987) beurteilt und im Befundbogen dokumentiert. Die Beurteilung erfolgte sowohl während der Untersuchung vom Monitor des Ultraschallgerätes, als auch zu einem späteren Zeitpunkt im Videobild und ausgedrucktem Bild.

- 1. Echogenität:** mit einer Einteilung in eine Scala von 1-5 (1=echoarm, 5=echoreich) wurde die Echogenität von Kapsel, Rinde , Mark, Papillen und Sinus renalis beurteilt
- 2. Echodichte:** hiermit erfolgte die Beurteilung der Dichte der einzelnen Binnenechos in 3 Stufen von sehr dicht (3) über mittel (2) zu wenig dicht (1)
- 3. Einzelechos:** die Einzelechos wurden in 3 Stufen zwischen grob (3) und fein (1) eingestuft und nach ihrer Intensität und Größe beurteilt
- 4. Homogenität:** diese bezeichnet die Verteilung der Einzelechos innerhalb einer Struktur als homogen oder nicht homogen

Diese Parameter wurden an der **Nierenrinde**, dem **Nierenmark**, den **Papillen** und dem **Sinus renalis** ermittelt.

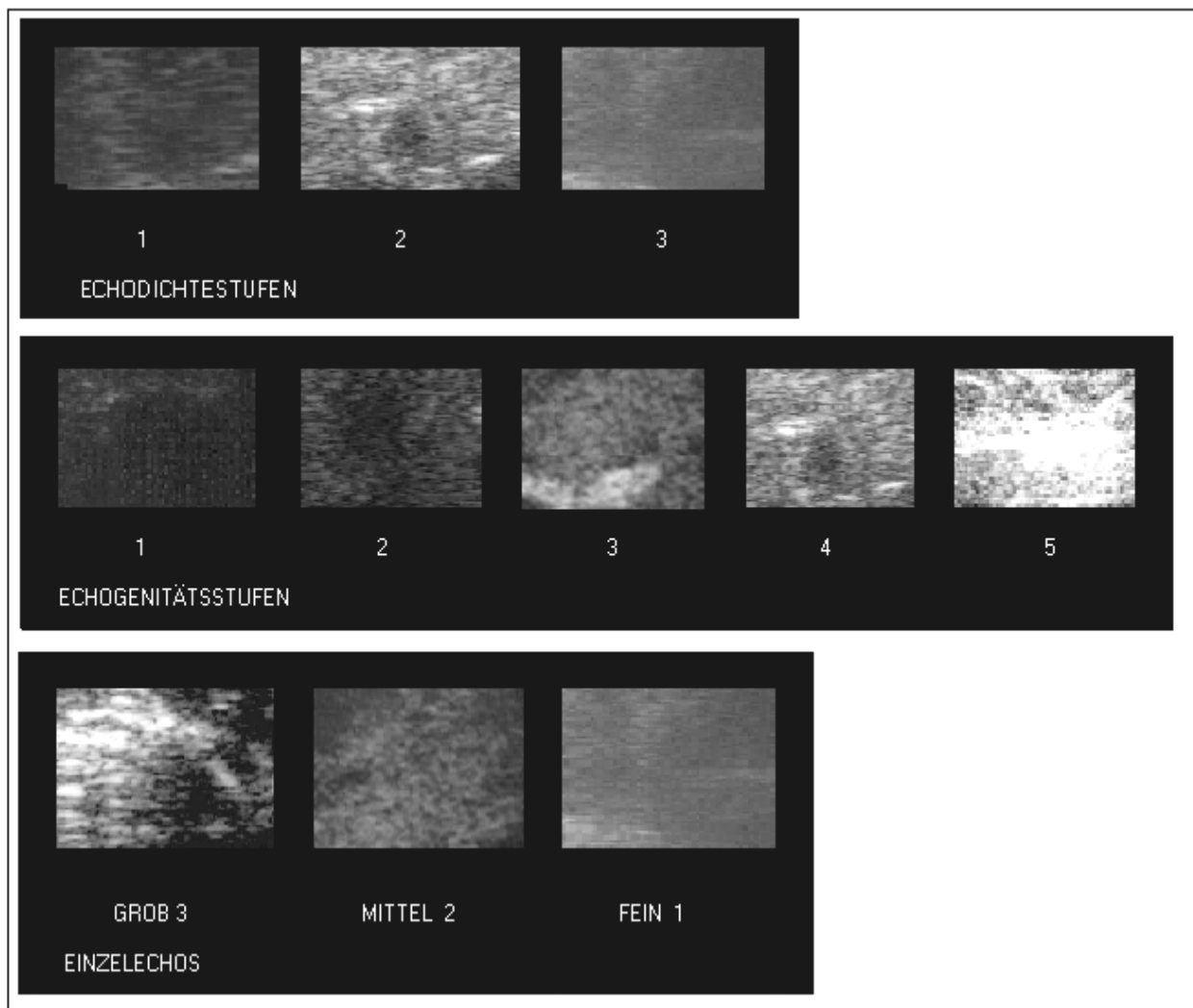


Abb. 3.8 subjektive Beurteilung der Echogenität, Echodichte und Einzelechos anhand von Ausschnitten aus Nierensonogrammen, Einteilung der Beurteilungsstufen

Ein **Vergleich** der Echogenität zur benachbarten **Leber** wurde zwar stets vorgenommen, da die operierten Tiere jedoch sehr häufig unter einer Leberverfettung litten, ist dieser wenig aussagekräftig.

Es wurde dabei festgehalten, ob das Leberparenchym echoreicher, echoärmer oder von gleicher Echogenität war wie die Nierenrinde.

Die **Capsula fibrosa**, stets darstellbar als echoreiche Linie, wurde hinsichtlich ihrer gleichmäßigen und glatten Begrenzung des Nierenparenchyms beurteilt.

Eine schmale echogenere Zone, in welcher die Aa. und Vv. arcuatae sichtbar sind, bildet die **Grenze zwischen Nierenrinde und Mark**. Die Darstellbarkeit und die Echogenität der Zone wurden dokumentiert.

Ebenfalls beurteilt wurde die **Begrenzung der Nierengefäße** und, falls sichtbar, des **Harnleiters**.

Schallschatten, welche zum Teil an Strukturen des Sinus renalis auftraten, wurden als gering, mittel oder stark eingestuft und festgehalten.

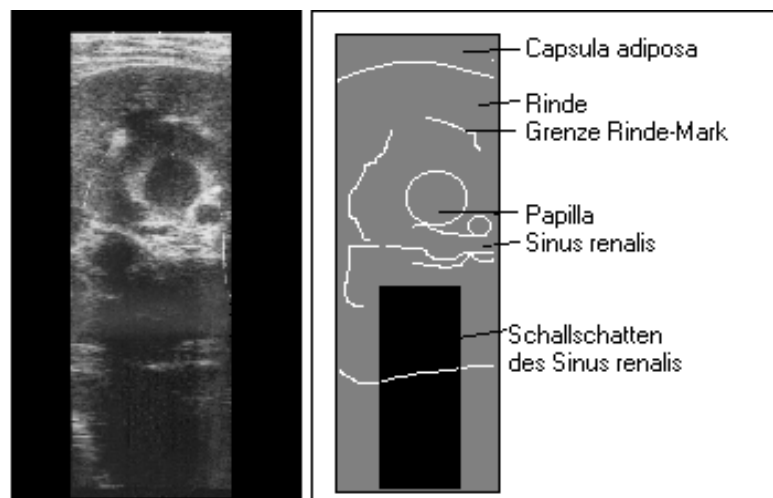


Abb. 3.9 Intraoperative sonografische Darstellung eines Nierenquerschnittes mit ausgeprägtem Schallschatten

Geräteeinstellung: Es wurden die Frequenz, die Gesamtverstärkung und die Eindringtiefe festgehalten, bei denen ein optimales Ultraschallbild zu erzielen war.

Die Grundeinstellung des Ultraschallgerätes bei intraoperativen Untersuchungen :

Frequenz 7,5 MHz

Eindringtiefe 6-10 cm

Gesamtverstärkung 80 dB

Die **zeitabhängige Verstärkung** und der **Bildkontrast** wurden in Abhängigkeit von der Bildqualität ständig variiert.

3.7 Dokumentation und statistische Auswertung

Alle gemessenen und beurteilten Parameter wurden in einem Befundbogen erfaßt.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Computerprogramm SPSS Version 8.0. Dabei wurde eine deskriptive Statistik der quantitativen Meßergebnisse mit Hilfe nichtparametrischer Tests, wie folgt, durchgeführt:

- Berechnung der Mittelwerte und Standardabweichungen
- Ermittlung von Minimal- und Maximalwerten
- Berechnung der Medianwerte

Die Normalverteilung der Werte wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft.

Bei Signifikanztests nichtnormalverteilter Werte wurde der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman ermittelt.

Die subjektiv ermittelten qualitativen Parameter wurden mit Hilfe von Häufigkeitsverteilungen ausgewertet.

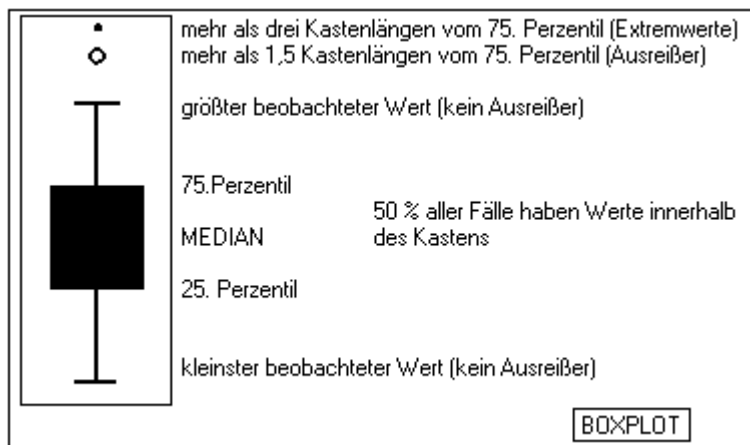


Abb. 3.10 Zur Darstellung der Größenmessungen der Nierenstrukturen wurden Boxplots gewählt.

4 ERGEBNISSE

4.1 Auswertung des Tiermaterials

Die Auswahl der untersuchten Tiere ergab sich aus dem Patientenmaterial, welches aufgrund einer Labmagenverlagerung oder einer Laparotomie aus anderen Gründen in der Chirurgischen Tierklinik operiert werden sollte. 40 Rinder wurden mit der Diagnose einer Dislocatio abomasi ad sinistrum, 8 Tiere mit der Diagnose einer Dislocatio abomasi ad dextrum und 2 Tiere aus diagnostischen Gründen laparotomiert. Alle 50 Tiere wurden einer transkutanen und intraoperativen sonografischen Untersuchung der Nieren unterzogen. In die Auswertung einbezogen wurden allerdings nur 44 Rinder, 2 Untersuchungen waren aus technischen Gründen nicht auswertbar und bei weiteren 4 Tieren wurden beide Nieren als pathologisch verändert eingestuft (s. Einzelfälle 11,16, 42 und 31).

Tab. 4.1 Zusammenfassende Auswertung der Tiere (siehe Anhang)

	Minimum	Maximum	Mittelwert
Alter der Rinder in Jahren	2	10	4,5
Widerristhöhe in m	1,34	1,53	1,46
Brustumfang in m	1,78	2,20	1,97
Sonografisch gemessene Rückenfettdicke in mm	7	25	16,5

Da es sich bei einem Großteil der untersuchten weiblichen Rinder um Tiere im Puerperium handelte (20 der Tiere hatten in den letzten 4 Wochen abgekalbt), waren im Harn dieser Tiere häufig Blutbestandteile (Erythrozyten und Leukozyten) anzutreffen. Auch Plattenepithelien waren bei 11 Tieren im Harnsediment nachweisbar.

Bei 5 Tieren wurde aufgrund der Harn- und der klinischen Untersuchung eine Entzündung der ableitenden Harnwege diagnostiziert (Eine Patientenübersicht und –auswertung befindet sich im Anhang).

4.2 Die sonografische Darstellbarkeit der Nieren

4.2.1 Die transkutane Untersuchung

Die rechte Niere konnte in allen Fällen transkutan mit dem 3,7 MHz Konvexschallkopf in guter Qualität dargestellt werden. Paravertebralschnitt und Interkostalschnitt konnten bei allen Tieren untersucht werden. Die sonografische Darstellung der Nieren durch die

Lendenwirbelquerfortsätze war allerdings bei der Hälfte der Tiere aufgrund des zu großen Abstandes und der damit verbundenen Ungenauigkeit nicht möglich.

Bei der Untersuchung von Tieren, welche an einer Labmagenverlagerung nach rechts litten, war in vier Fällen durch Einschieben des gasgefüllten Labmagens (*Dislocatio abomasi ad dextrum* 3. Grades) zwischen rechte Niere und Bauchwand nur die Darstellung durch die Lendenwirbelquerfortsätze möglich.

Bei der Anwendung des 5 MHz Schallkopfes sind die Ergebnisse der Untersuchung stark abhängig vom Abstand der Niere zum Schallkopf. Bei Tieren in gutem Ernährungszustand ist deshalb eine Interpretation so schwierig, daß von einer Untersuchung mit dieser Technik nach 18 Tieren Abstand genommen wurde. Davon war die Auswertung von 6 Tieren transkutan nicht möglich.

Die linke Niere konnte in 6 Fällen vom umgebenden Gewebe differenziert und untersucht werden.

Tab. 4.2 Der Abstand des Schallkopfes zur Nierenkapsel bei der transkutanen Ultraschalluntersuchung

		Minimum in cm	Maximum in cm	Mittelwert in cm
Rechte Niere	In der Fossa paralumbalis	1,2	6,8	2,8
	Im 12. Interkostalraum	1,2	7,7	3,3
	Zwischen den Lendenwirbelquerfortsätzen	1,9	6,8	4,1
Linke Niere	In der Fossa paralumbalis (6 Messungen)	1,5	6	4,3

4.2.2 Die Intraoperative Untersuchung

Die Darstellung der Nieren war während allen intraoperativen Untersuchungen mit Frequenzen von 5 und 7,5 MHz mit einem Linearschallkopf sehr gut möglich. Die Nieren sind in allen Ebenen schallbar. Allerdings ist bei dieser Untersuchungstechnik stets nur ein Ausschnitt des Gesamtorgans in einem Bild darstellbar. Überblicksdarstellungen der Nieren können intraoperativ nur durch systematische Bewegung des Schallkopfes erreicht werden.

4.3 Quantitative Messungen

4.3.1 Die Gesamtgröße der Nieren

4.3.1.1 Die rechte Niere

4.3.1.1.1 Transkutane Messung

Der Nierengesamtdurchmesser schwankt bei der transkutanen sonografischen Messung erheblich.

Die Messung ist nicht nur abhängig von der Position und dem Aufsatzwinkel des Schallkopfes, sondern auch von der Lage des Organs innerhalb der Bauchhöhle, welche sehr differieren kann. Deshalb entstehen vor allem bei Messungen im Interkostalraum, bei welchen die Beweglichkeit des Schallkopfes durch die Rippen erheblich eingeschränkt ist, größere Abweichungen. Die Messung des Durchmessers der rechten Niere ergab im Interkostalraum Werte zwischen 5 und 9,7 cm (s. Tab.4.4.).

Die Messung des vertikalen Durchmessers der rechten Niere im Paralumbalschnitt ist einfacher. Hier kann die Position des Schallkopfes stärker variiert werden, so daß die Lage der Niere in der Bauchhöhle und die gewünschten Schnittebenen exakter ermittelt werden können. Der vertikale Durchmesser der rechten Niere betrug hier $5,9 \pm 1,0$ cm (s. Tab. 4.3.). Auch kann nur im Paralumbalschnitt der horizontale Durchmesser der rechten Niere ermittelt werden. Hierbei ergab sich allerdings das Problem, daß bei 17 der untersuchten Tiere der horizontale Durchmesser der rechten Niere so groß war, bzw. der Abstand der Niere zum Scanner so kurz, daß die Niere nicht in ihrer gesamten Länge im Bild des Sektorschallkopfes erfaßt werden konnte. Bei den 27 durchgeführten Messungen lag er bei $10,8 \pm 1,7$ cm (s. Tab.4.3).

4.3.1.1.2 Intraoperative Messung

Der vertikale Durchmesser der rechten Niere wurde mit Werten von 4,9 bis 7,6 cm in beiden Schnittebenen bestimmt (s. Tab. 4.5 und 4.6). Bei intraoperativen Untersuchungen läßt sich aufgrund der Anatomie der rechten Niere (eingebettet in das Peritoneum), der horizontale Durchmesser des Organs nicht bestimmen.

4.3.1.2 Die linke Niere

4.3.1.2.1 Transkutane Messung

Der vertikale Durchmesser der linken Niere konnte nur in 6 Fällen gemessen werden. Er betrug zwischen 5,4 und 7,6 cm.

4.3.1.2.2 Intraoperative Messung

Die linke Niere ist stets lateral (pansenseitig) abgeplattet. Daraus ergeben sich Unterschiede in den Messungen der beiden Schnittebenen. Im Querschnitt beträgt der Durchmesser der linken Niere 4,4 bis 7,3 cm (s. Tab. 4.7). Der Längsschnitt ergab Werte von 5,1 bis 8,2 cm (s. Tab. 4.8). Die Nierenlänge konnte auch hier nicht gemessen werden, da einerseits die verwandte Technik im Bauchraum zu sperrig war und andererseits die Nierenlänge meist zu groß ist um mit den möglichen Eindringtiefen erfaßt werden zu können.

4.3.2 Quantitative Merkmale der einzelnen Strukturen

4.3.2.1 Transkutane Messungen

Die Nierenrinde

Die gemessene Dicke der Nierenrinde lag zwischen 0,6 und 1,7 cm.

Das Nierenmark

Die Messung der Dicke des Nierenmarks ergab im Paralumbalschnitt Werte zwischen 1 und 2,2 cm, im Interkostalschnitt zwischen 0,9 und 2 cm.

Die Papillen

Der Querdurchmesser von insgesamt 44 vermessenen großen Papillen ergab Werte von 0,8 bis 1,7 cm.

Der Sinus renalis

Die Messung der Dicke des Sinus renalis ist stark abhängig von der Schnittebene durch die Niere und aus diesem Grund relativ uneinheitlich. Die Messung im Paralumbalschnitt ergab Durchmesser von 0,5 bis 2,5 cm. Im Interkostalschnitt werden Werte von 0,4 bis 3,3 cm gemessen.

Tab.4.3 Durchmesser der Anteile der rechten Niere bei transkutaner sonografischer Messung in der Fossa paralumbalis (in cm)

	N	Mittelwert	Standardabw.	Min	Max	Median
Rinde	36	0,9	0,2	0,6	1,7	1,0
Mark	36	1,5	0,4	1,0	2,5	1,5
Papille	26	1,4	0,3	0,8	2,0	1,4
Sinus	37	1,2	0,5	0,5	2,5	1,2
Vertikaler Gesamtdurchmesser	40	5,9	1,0	4,2	7,8	5,7
Horizontaler Gesamtdurchmesser	27	10,8	1,7	8,2	15,1	10,5

Im Paralumbalschnitt waren 40 untersuchte rechte Nieren auswertbar. Davon ließen sich bei 36 Tieren Mark und Rinde differenzieren. Das Nierenbecken war bei 37 Nieren von den anderen Schichten klar zu unterscheiden (s. Tab. 4.3.).

Tab. 4.4 Durchmesser der Anteile der rechten Niere bei transkutaner sonografischer Messung im 12. Interkostalraum (in cm)

	N	Mittelwert	Standardabw.	Min.	Max.	Median
Rinde	26	1,0	0,2	0,7	1,6	1,0
Mark	26	1,5	0,3	0,9	2,2	1,6
Papille	20	1,4	0,3	0,8	2,0	1,5
Sinus	32	1,2	0,6	0,4	3,3	1,2
Vertikaler Gesamtdurchmesser	33	7,2	1,4	5,0	9,7	7,0

Im Interkostalschnitt sind nur 33 rechte Nieren mit auswertbarer Qualität untersucht worden. Von diesen ließen sich bei 26 Nieren Mark und Rinde getrennt ausmessen, und bei 32 Nieren war der Sinus renalis differenzierbar (s. Tab. 4.4).

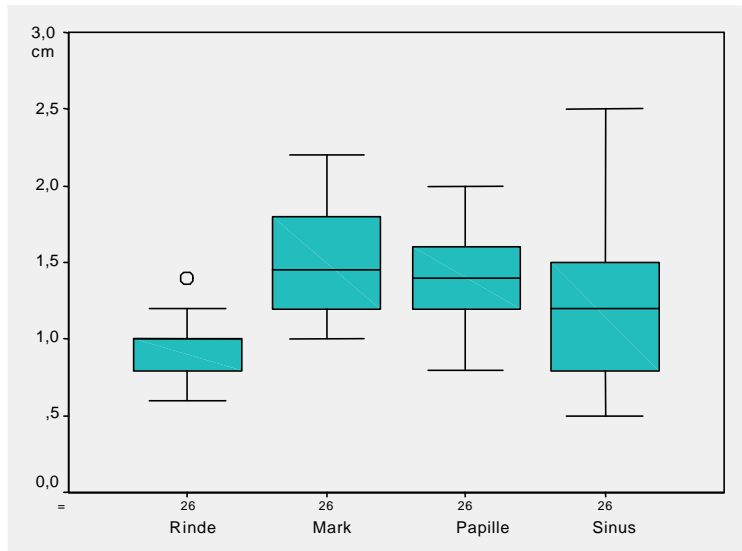


Abb. 4.1 Die Durchmesser der Strukturen der rechten Niere:

Transkutane sonografische Messung in der Fossa paralumbalis.

Zusammenfassende Darstellung der Messungen an allen untersuchten Rindern.

4.3.2.2 Intraoperative Messungen

Tab.4.5 Durchmesser der einzelnen Strukturen der rechten Niere bei intraoperativer
Ultraschalluntersuchung im Querschnitt (in cm)

	N	Mittelwert	Standardabw.	Min.	Max.	Median
Kapsel	44	0,25	0,16	0,1	0,8	0,2
Rinde	44	1,0	0,3	0,7	2,3	1,0
Mark	44	1,5	0,4	0,9	2,8	1,5
Papille	44	1,4	0,3	0,8	2,1	1,4
Sinus	44	1,0	0,4	0,4	3,0	1,0
Gesamt	44	5,9	0,7	4,9	7,6	5,8

Tab. 4.6 Durchmesser der einzelnen Strukturen der rechten Niere bei intraoperativer
Ultraschalluntersuchung im Längsschnitt (in cm)

	N	Mittelwert	Standardabw.	Min.	Max.	Median
Kapsel	44	0,3	0,2	0,1	1,0	0,2
Rinde	44	0,9	0,3	0,4	1,6	0,8
Mark	44	1,5	0,3	0,8	2,5	1,5
Papille	39	1,4	0,4	0,5	2,5	1,4
Sinus	44	1,0	0,4	0,4	2,0	1,0
Gesamt	44	6,0	0,8	4,6	7,6	5,9

Tab. 4.7 Durchmesser der einzelnen Strukturen der linken Niere bei intraoperativer
Ultraschalluntersuchung im Querschnitt (in cm)

	N	Mittelwert	Standardabw.	Min.	Max.	Median
Kapsel	42	0,2	0,16	0,1	0,8	0,2
Rinde	44	0,8	0,2	0,5	1,7	0,8
Mark	44	1,5	0,3	0,8	2,3	1,5
Papille	42	1,3	0,4	0,5	2,1	1,3
Sinus	44	1,0	0,4	0,3	2,1	1,0
Gesamt	44	5,9	0,8	4,4	8,2	5,8

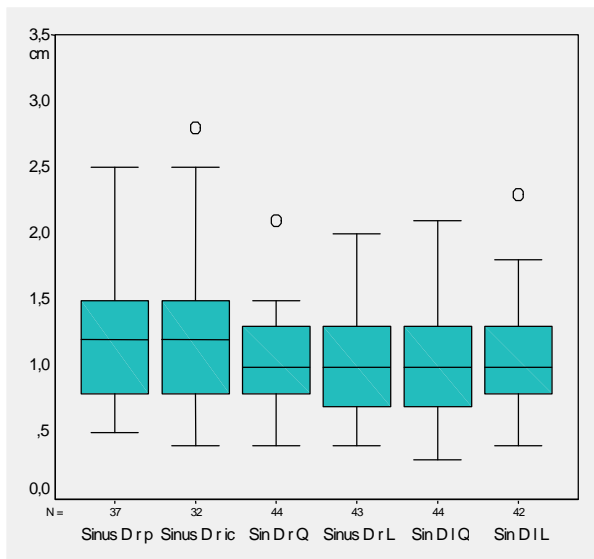
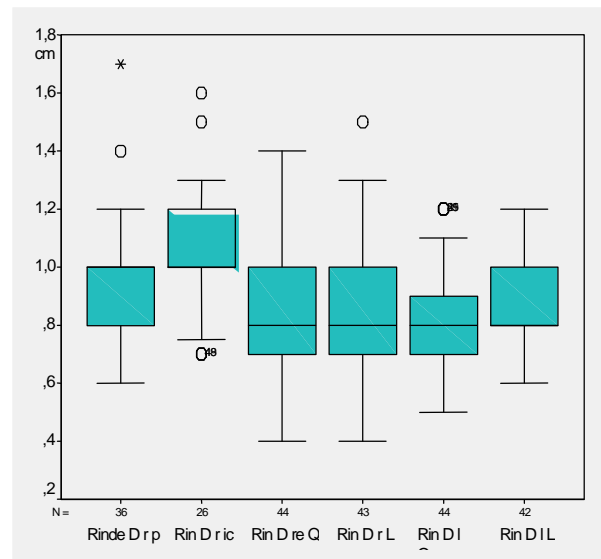
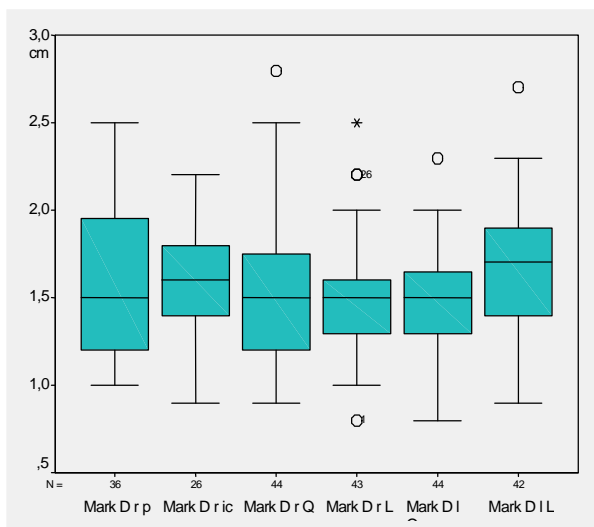
Tab. 4.8 Durchmesser der einzelnen Strukturen der linken Niere bei intraoperativer
Ultraschalluntersuchung im Längsschnitt (in cm)

	N	Mittelwert	Standardabw.	Min.	Max.	Median
Kapsel	42	0,2	0,2	0,1	0,7	0,2
Rinde	44	0,9	0,2	0,6	1,4	0,8
Mark	44	1,7	0,4	0,9	2,7	1,7
Papille	39	1,5	0,3	1,0	2,0	1,6
Sinus	44	1,1	0,4	0,4	2,3	1,0
Gesamt	44	6,3	0,6	5,1	7,6	6,3

4.3.2.3 Der Vergleich transkutaner und intraoperativer Messungen

Der direkte Vergleich einzelner Werte bei ein und derselben Niere ist nicht durchführbar, da eine exakte Wiederholung der transkutanen Schallkopfstellung bei den intraoperativen Messungen nicht möglich ist. Durch den anatomischen Aufbau der Rinderniere variiert die Dicke der Strukturen und bei transkutanen Messungen ist der Winkel in dem die Schallwellen auftreten nicht exakt bestimmbar.

Es konnten keine signifikanten Korrelationen aufgezeigt werden. Es kann allerdings ein Bereich festgestellt werden, in welchem sich die Größenmessungen der Strukturen bei gesundem Nierengewebe bewegen. Zur Darstellung dieser Bereiche wurden in Abbildung 4.2 Messungen aller untersuchten Nieren, intraoperativ und transkutan, zusammengefaßt.

A Nierenbecken**B Nierenrinde****C Nierenmark**

- | | |
|----|----------------------------|
| D | Durchmesser |
| r | rechte Niere |
| l | linke Niere |
| p | transkutan paralumbal |
| ic | transkutan interkostal |
| Q | intraoperativ Querschnitt |
| L | intraoperativ Längsschnitt |

**Abb. 4.2 Vergleichsdarstellung aller transkutanen und intraoperativen
Ultraschallmessungen der einzelnen Strukturen aller rechten und linken untersuchten Nieren**

4.4 Qualitative Merkmale der einzelnen Strukturen

Es wurde ausgewertet, mit welcher Häufigkeit die einzelnen qualitativen Parameter in die Beurteilungsstufen eingeordnet wurden.

4.4.1 Die Nierenkapsel

4.4.1.1 Transkutane Darstellung

Die Nierenkapsel war nur in Ausnahmefällen transkutan als echoreiche, dünne Linie darstellbar. Dabei konnte die Capsula adiposa in keinem Fall differenziert werden.

4.4.1.2 Intraoperative Darstellung

Die Capsula fibrosa konnte in allen Fällen als echoreiche einheitliche Linie dargestellt werden. Die Capsula adiposa dagegen variierte in ihrer Dicke, aber auch in ihren qualitativen Merkmalen beträchtlich. Die sonografische Struktur der Capsula adiposa war bei 5 linken, bzw. 8 rechten Nieren nicht homogen.

Tab. 4.9 Echogenität der Nierenkapsel der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	rechts quer	Rechts längs	links quer	links längs
1	-	-	-	-
2	2	1	2	-
3	14	16	16	15
4	16	12	14	18
5	10	11	10	10

Tab. 4.10 Echodichte der Kapsel der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	Rechts quer	rechts längs	Links quer	links längs
1	0	0	0	0
2	11	15	11	11
3	31	28	31	31

Tab. 4.11 Einzelechos der Kapsel der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	rechts quer	rechts längs	Links quer	links längs
1	2	7	5	3
2	32	30	24	24
3	9	6	13	16

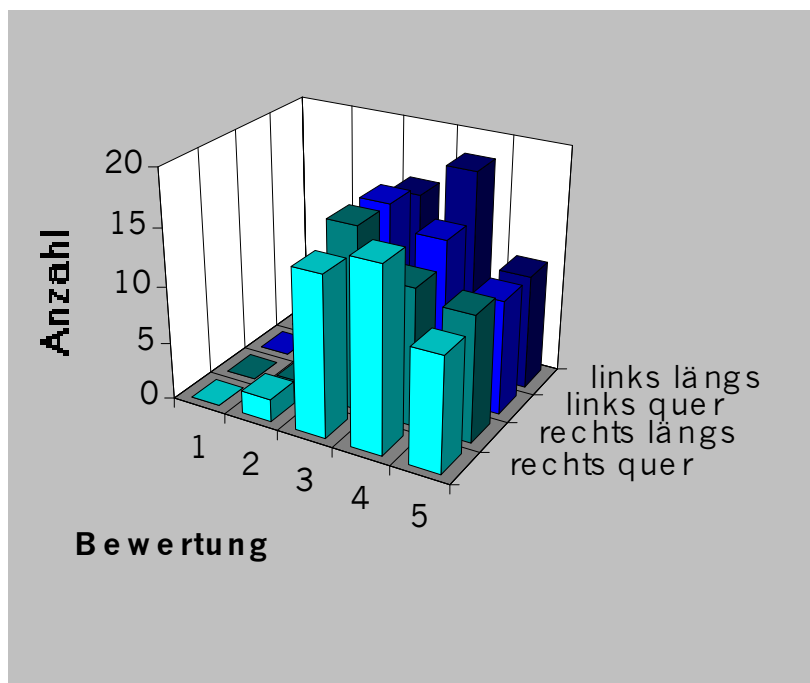


Abb. 4.3 Beurteilung der Echogenität der Nierenkapsel der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

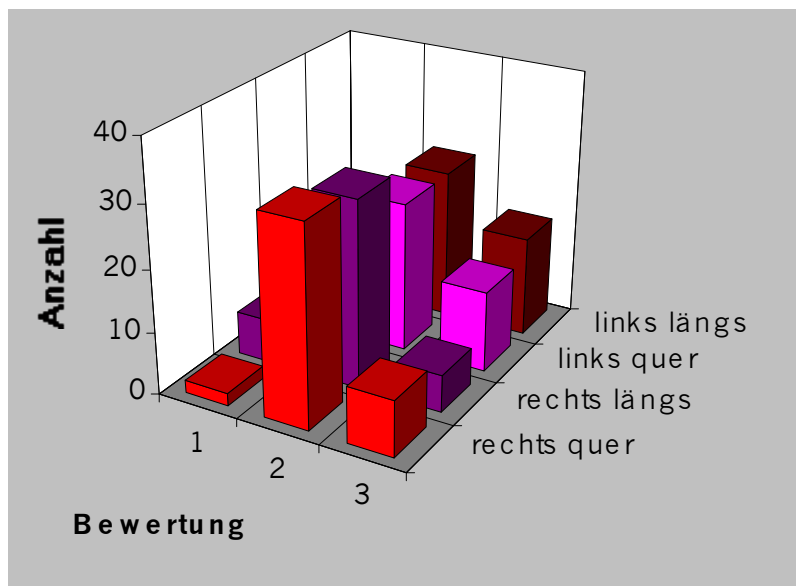


Abb. 4.4 Beurteilung der Echodichte der Nierenkapsel der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

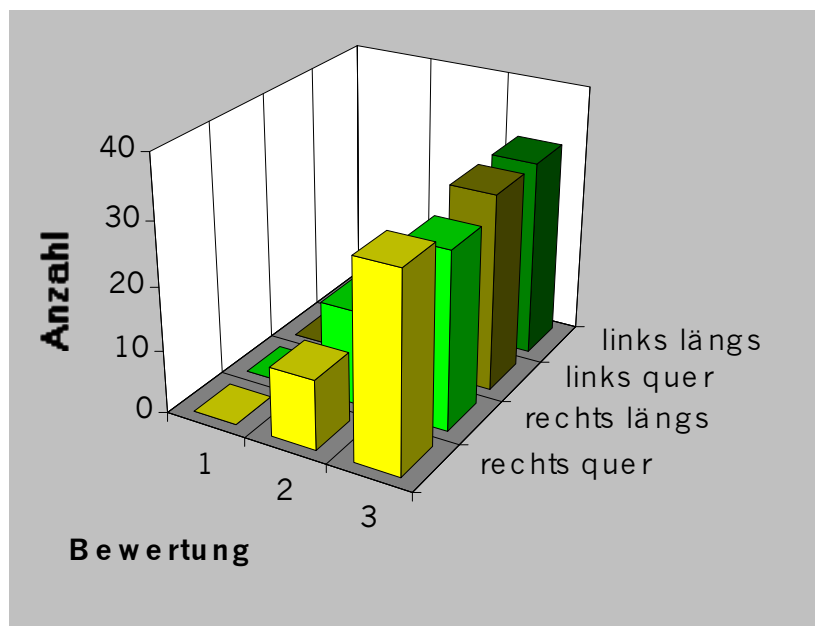


Abb. 4.5 Beurteilung der Einzelechos der Nierenkapsel der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

Die Echogenität der Nierenkapsel (Capsula adiposa) wurde meist mit mittel echogen bis stark echogen eingeschätzt (s. Abb.4.3). Die Echos waren meist mittelgradig dicht angeordnet und von grober Qualität (s. Abb. 4.4 und 4.5). Da die Homogenität der Struktur jedoch nicht immer gegeben war, können diese Parameter auch bei ein und derselben Niere variieren.

4.4.2 Die Nierenrinde

4.4.2.1 Transkutane Darstellung

Die Nierenrinde stellt sich bei allen untersuchten Tieren als homogene Struktur mit im ganzen Organ gleichmäßiger Echogenität und Echodichte dar. Dabei treten keine Unterschiede zwischen paralumbaler, interkostaler oder intervertebraler Messung auf.

Tab. 4.12 Beurteilung von Echogenität, Echodichte und Einzelechos der Nierenrinde bei transkutaner sonografischer Untersuchung in der Fossa paralumbalis und im 12. Interkostalraum

Echogenität	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
	Paralumbal		Interkostal	
1	2	5	2	6
2	21	53	15	48
3	16	41	14	45
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-

Echodichte	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
	Paralumbal		Interkostal	
1	1	3	2	6
2	23	59	19	60
3	15	39	11	34

Einzelechos	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
	Paralumbal		Interkostal	
1	26	68	29	91
2	11	29	3	9
3	1	2	0	0

4.4.2.2 Intraoperative Darstellung

Bei der Darstellung der Nierenrinde treten kaum Unterschiede zur transkutanen Untersuchung auf. Allerdings ist die Grenze zum Nierenmark immer als deutlicher echogenerer Streifen sichtbar, in welchem die Arteriae und Venae arcuatae als echolose Punkte auffallen. Die Nierenrinde ist homogen, hat feine Einzelechos mit mittlerer Dichte und schwacher bis mittlerer Echogenität

Tab. 4.13 Die Beurteilung der Echogenität der Nierenrinde der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	Rechts quer	Rechts längs	Links quer	links längs
1	1	1	1	0
2	25	26	25	22
3	18	16	18	22
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-

Tab. 4.14 Die Beurteilung der Echodichte der Nierenrinde der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	Rechts quer	Rechts längs	Links quer	links längs
1	2	0	2	1
2	19	18	15	10
3	23	25	27	28

Tab. 4.15 Die Beurteilung der Einzelechos der Nierenrinde der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	Rechts quer	Rechts längs	Links quer	Links längs
1	39	42	42	41
2	5	1	2	3
3	0	0	0	0

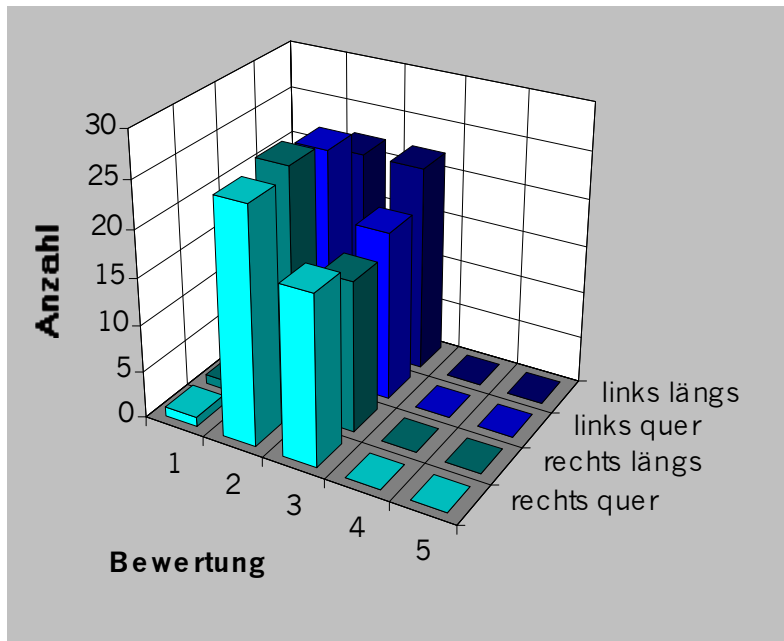


Abb. 4.6 Beurteilung der Echogenität der Nierenrinde der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

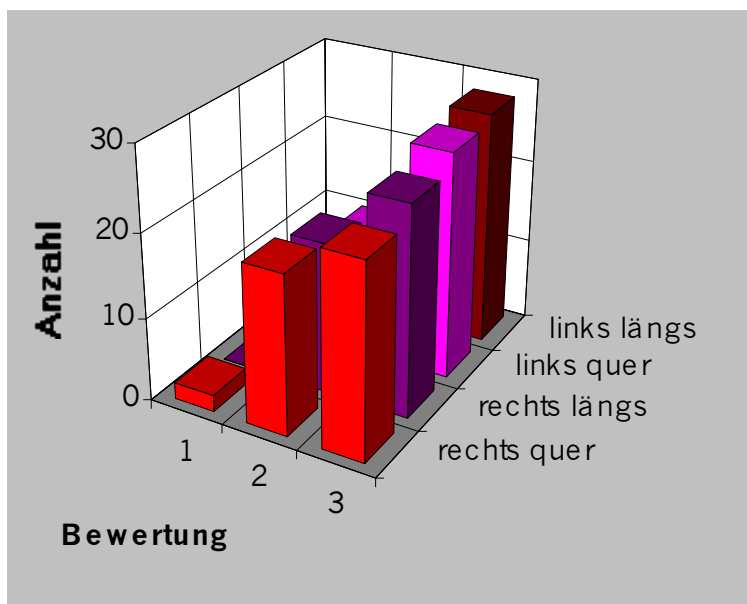


Abb. 4.7 Beurteilung der Echodichte der Nierenrinde der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

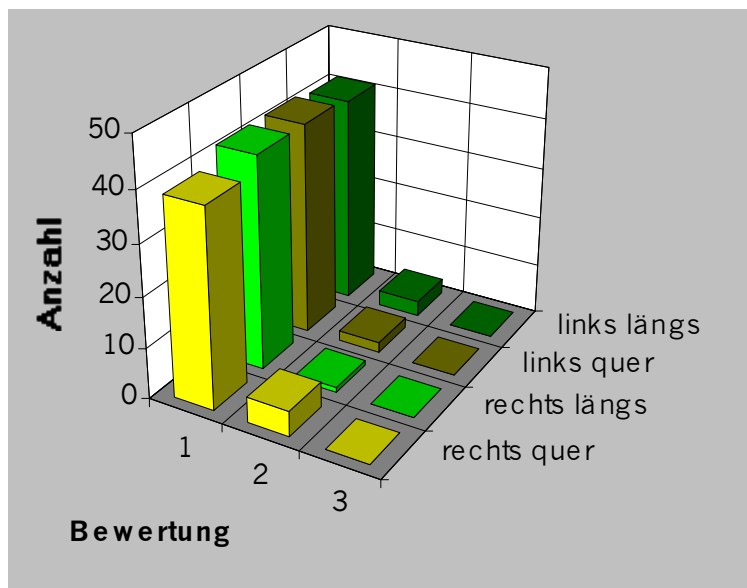


Abb. 4.8 Beurteilung der Einzelechos der Nierenrinde der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

Der Bereich der Grenze zwischen Nierenrinde und -mark wurde bei allen Tieren als echogener beurteilt als das Parenchym der Nierenrinde und des Nierenmarks. Die Zone war bei allen untersuchten Nieren gut zu differenzieren. Die Beurteilung von Echodichte und Einzelechos wich nicht von der der Nierenrinde ab. Im Inneren dieses echogenen Streifens konnten Gefäße als echolose Strukturen dargestellt werden, und mit Hilfe der Farbdopplersonografie differenziert werden.

4. 4. 3 Das Nierenmark und die Papillen

4.4.3.1 Transkutane Messung

Die Differenzierung des Nierenmarks von der Nierenrinde war paralumbal bei 5 und interkostal bei 12 untersuchten rechten Nieren nicht möglich. In diesen Fällen gleicht sich die Echogenität beider Parenchymanteile. Die übrigen untersuchten Nieren zeigen das Nierenmark mit einer geringeren Echogenität als die Nierenrinde. Eine deutliche Grenze zwischen beiden Anteilen ist jedoch in keinem Fall nachweisbar.

Tab. 4. 16 Beurteilung von Echogenität, Echodichte und Einzelechos des Nierenmarks der rechten Niere, bei transkutaner sonografischer Untersuchung in der Fossa paralumbalis und im 12. Interkostalraum

Echogenität	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
	Paralumbal		Interkostal	
1	25	64	18	6,5
2	11	28	10	48
3	3	8	3	45
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-

Echodichte	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
	Paralumbal		Interkostal	
1	12	31	12	6
2	20	52	15	59
3	6	16	5	35

Einzelechos	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
	Paralumbal		Interkostal	
1	31	82	29	91
2	7	18	3	9
3	-	-	-	-

Die Papillae renis stellen sich als sehr schwach echogene bis nahezu echolose runde Strukturen dar. Transkutan wurden insgesamt 68 Papillen beurteilt, 38 paralumbal und 30 interkostal.

Tab. 4.17 Beurteilung von Echogenität, Echodichte und Einzelechos der Papillae renis der rechten und linken Niere, bei transkutaner sonografischer Untersuchung

		Anzahl
Echogenität	1	53
	2	13
	3	2
	4	-
	5	-
Echodichte	1	29
	2	30
	3	9
Einzelechos	1	62
	2	6
	3	-

4.4.3.2 Intraoperative Messung

Die Beurteilung der qualitativen sonografischen Merkmale des Nierenmarks, vor allem der Echogenität erwies sich als problematisch. Die Echogenität des Nierenmarks ist bei der Darstellung mit höheren Frequenzen nicht einheitlich. Der echoarmen Zona externa direkt unterhalb der echoreichen Grenze zwischen Rinde und Mark schließt sich stets ein etwas echoreicherer Streifen an, welcher wiederum von der echoarmen Zona interna abgelöst wird. Im Querschnitt der Lobi renalis entsteht somit ein Bild, welches von Autoren der Humanmedizin und Tiermedizin als „medullary rims“ bezeichnet wird, aber nur bei Einzelfällen krankhafter, z.B. fibrotischer Veränderungen, nachweisbar sein soll (PAIVANSALO et al. 1991, RAMIREZ et al.1998). Bei allen 44 untersuchten Tieren war diese Veränderung jedoch in verschiedenem Maße sichtbar, ohne Hinweise auf eine Nierenerkrankung (s. Abb. 4.12). Allerdings konnte bei einem Tier, bei welchem diese „Ringe“ in extremer Weise ausgeprägt waren, der pathologische Nachweis von Mikrolithen in dieser Region erbracht werden (s. Einzelfälle).

Die hier ausgewerteten Echogenitätsstufen (Abb. 4.9) stellen somit nur die Echogenität der reflexärmeren Zonen dar. Die echoreicheren Streifen in der Peripherie des Nierenmarks liegen um 1 bis 2 Stufen höher.

Tab. 4.18 Echogenität des Nierenmarks der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	Rechts quer	Rechts längs	Links quer	Links längs
1	10	14	13	17
2	25	22	23	25
3	9	8	8	2
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-

Tab. 4.19 Einzelechos des Nierenmarks der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	Rechts quer	Rechts längs	Links quer	Links längs
1	38	41	1	3
2	6	3	43	41
3	-	-	-	-

Tab. 4.20 Echodichte des Nierenmarks der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	Rechts quer	Rechts längs	Links quer	Links längs
1	2	3	2	3
2	19	23	25	23
3	23	18	17	18

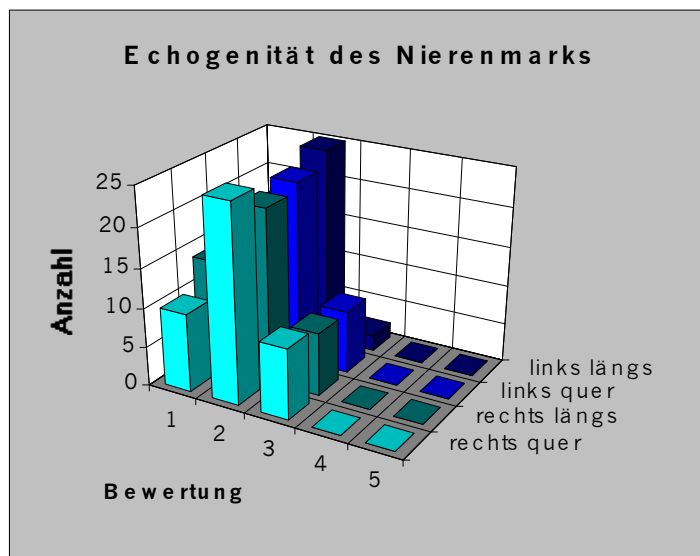


Abb. 4.9 Beurteilung der Echogenität des Nierenmarks der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

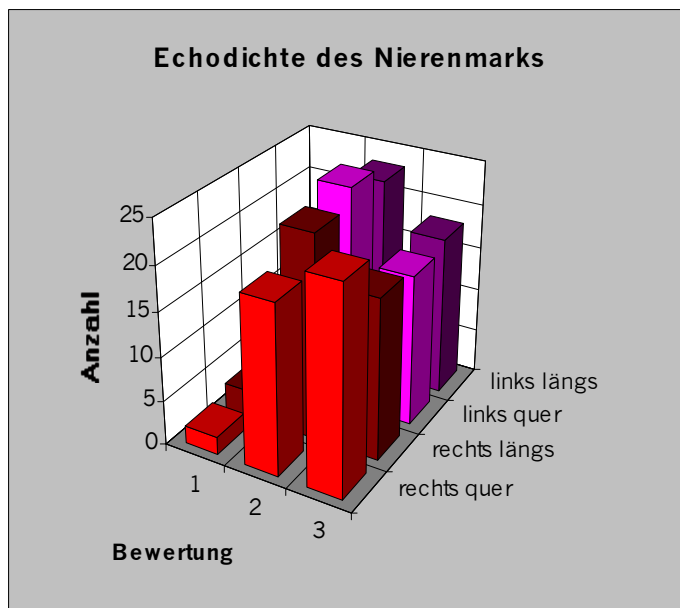


Abb. 4.10 Beurteilung der Echodichte des Nierenmarks der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

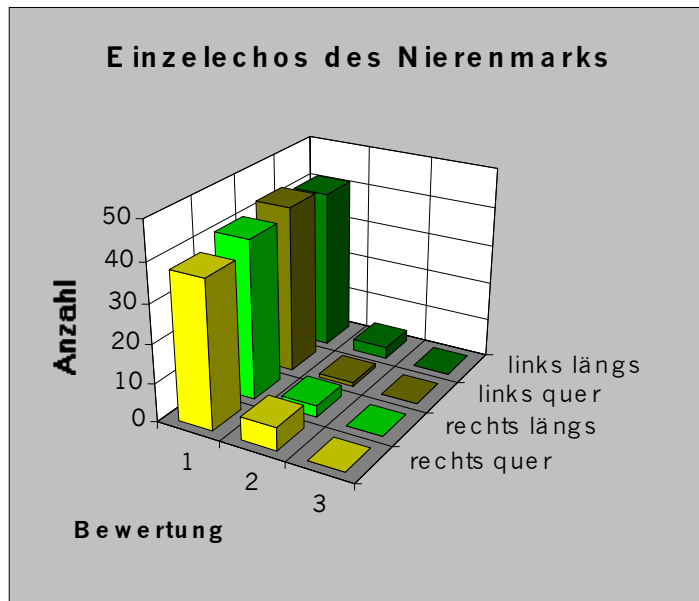


Abb. 4.11 Beurteilung der Einzelechos des Nierenmarks der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

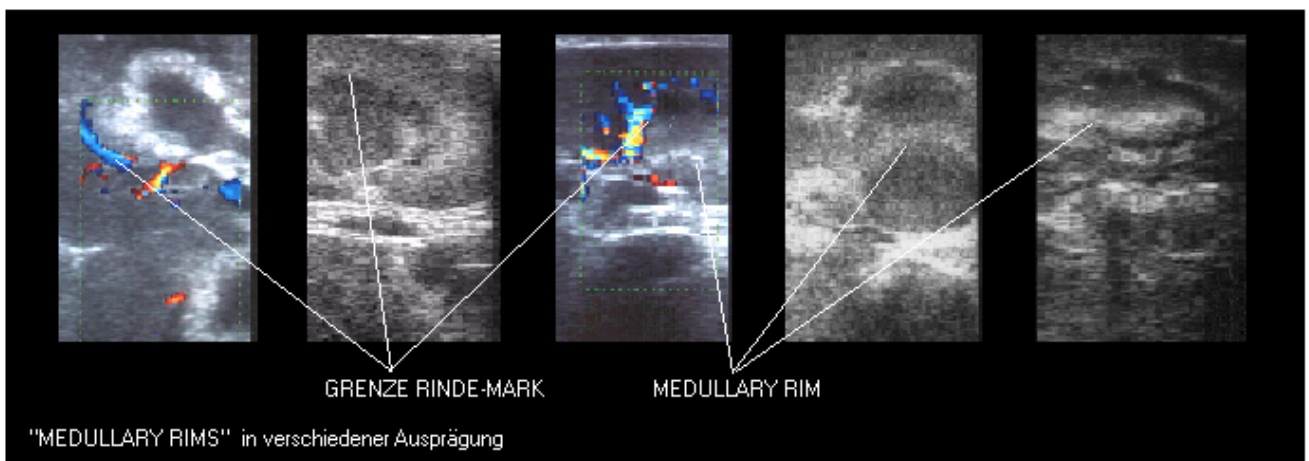


Abb.4.12 Intraoperative Ultraschalluntersuchung: Darstellung der „medullary rims“ an 5 verschiedenen Nierensonogrammen

Die **Echogenität der medullary rims** wurde mit der Echogenität der Grenze zwischen Nierenrinde und -mark verglichen. Dabei war die Echogenität beider Strukturen bei 68 der beurteilten 88 Nieren gleich, und lag um eine Stufe höher als die Echogenität der Nierenrinde.

Bei den übrigen 14 untersuchten Nieren lag die Echogenität der medullary rims noch eine Stufe höher als die der Grenze Rinde-Mark. Die **Echodichte** wurde stets eine Stufe höher beurteilt als die des umgebenden Nierenmarks, die **Einzelechos** waren allerdings von gleicher Qualität.

Die Papillen

Auch die Nierenpapillen zeigen keine einheitliche Echogenität. Die Echogenität, aber auch die Echodichte erhöht sich an den Rändern der Papillen und ist im Inneren schwächer. Zu bemerken ist, dass die Abgrenzbarkeit der Papillen zum übrigen Nierenmark bei den intraoperativen Untersuchungen wesentlich weniger eindeutig erscheint als bei transkutanen Untersuchungen, bei welchen die Papillen als klar erkennbare runde Strukturen hervortreten. Die Papillenspitzen welche von den Nierenkelchen umgeben sind, besitzen stets eine höhere Echogenität und Echodichte.

Tab.4.21 Beurteilung der Echogenität, der Echodichte und der Einzelechos Papillen der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung

Echogenität		Echodichte		Einzelechos	
	Anzahl		Anzahl		Anzahl
1	89	1	10	1	166
2	80	2	97	2	11
3	4	3	57	3	-
4	-				

4.4.4 Das Nierenbecken

4.4.4.1 Transkutane Messung

Der Sinus renalis stellt sich als echoreiches, inhomogenes Band mit unregelmäßiger Begrenzung, sowie mit echolosen Gefäßlumina dar.

Tab.4.22 Beurteilung der Echogenität, der Echodichte und der Einzelechos des Sinus renalis der rechten und linken Niere, bei transkutaner Ultraschalluntersuchung in der Fossa paralumbalis und im 12. Interkostalraum

Echogenität	Anzahl		Echodichte	Anzahl	
	Paralumbal	Interkostal		Paralumbal	Interkostal
1	-	-	1	-	-
2	-	-	2	13	7
3	8	10	3	25	25
4	15	8			
5	14	13			

Einzelechos	Anzahl	
	Paralumbal	Interkostal
1	-	-
2	19	20
3	19	14

4.4.4.2 Intraoperative Messung

Der durch eine hohe Echogenität und Echodichte (s. Abb. 4.13 und 4.14) gekennzeichnete Sinus renalis kann nicht als homogene Struktur dargestellt werden. Die Einzelechos wurden meist mit mittel bis grob eingeschätzt (s. Tab. 4.25). Im Inneren sind Gefäßlumina unterschiedlicher Größe und Begrenzung sichtbar. Die Differenzierung in Venen und Arterien gelingt mit Hilfe der Farbdopplersonografie. Die Anfangsabschnitte des Harnleiters sind nur im gestauten Zustand erkennbar.

Tab. 4.23 Beurteilung der Echogenität de Nierenbeckens der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	Rechts quer	Rechts längs	Links quer	Links längs
1	-	-	-	-
2	-	-	1	-
3	2	4	3	4
4	15	14	18	18
5	27	25	22	20

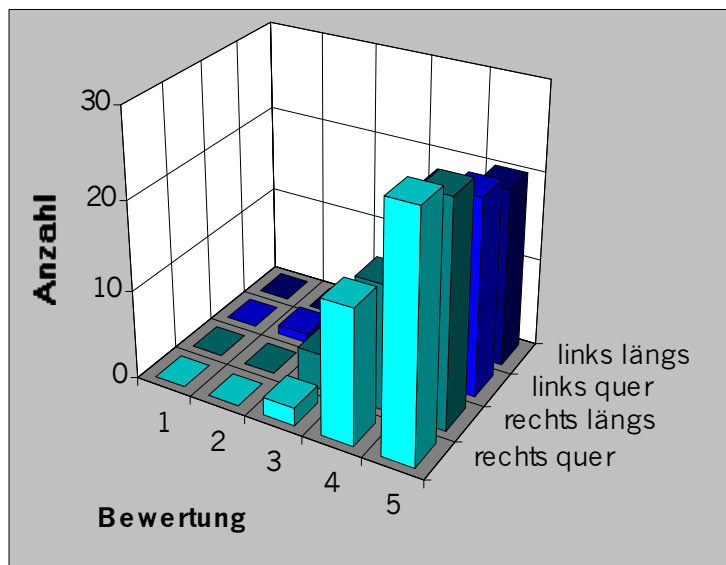


Abb. 4.13 Beurteilung der Echogenität de Nierenbeckens der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

Tab. 4.24 Beurteilung der Echodichte des Nierenbeckens der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	Rechts quer	Rechts längs	Links quer	Links längs
1	0	0	0	0
2	2	1	2	4
3	42	43	42	40

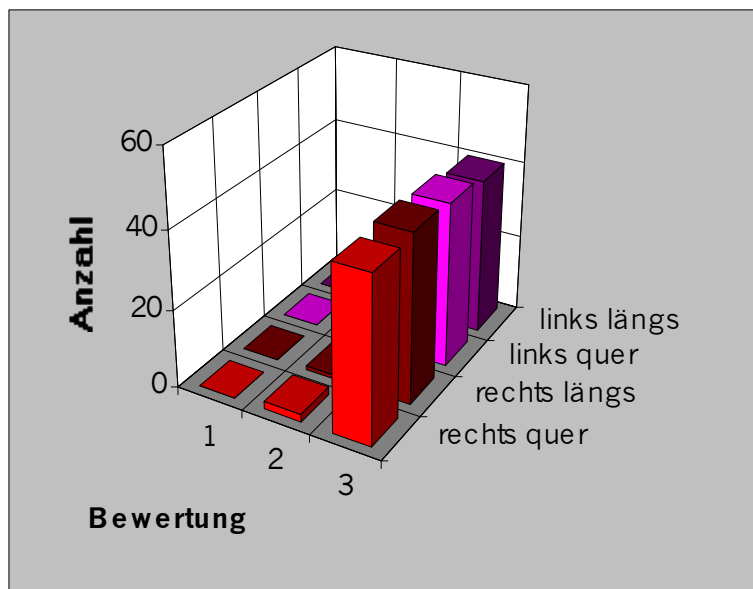


Abb. 4.14 Beurteilung der Echodichte des Nierenbeckens der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

Tab. 4.25 Beurteilung der Einzelechos des Nierenbeckens der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

	Rechts quer	Rechts längs	Links quer	Links längs
1	2	1	0	0
2	11	18	16	15
3	31	25	28	26

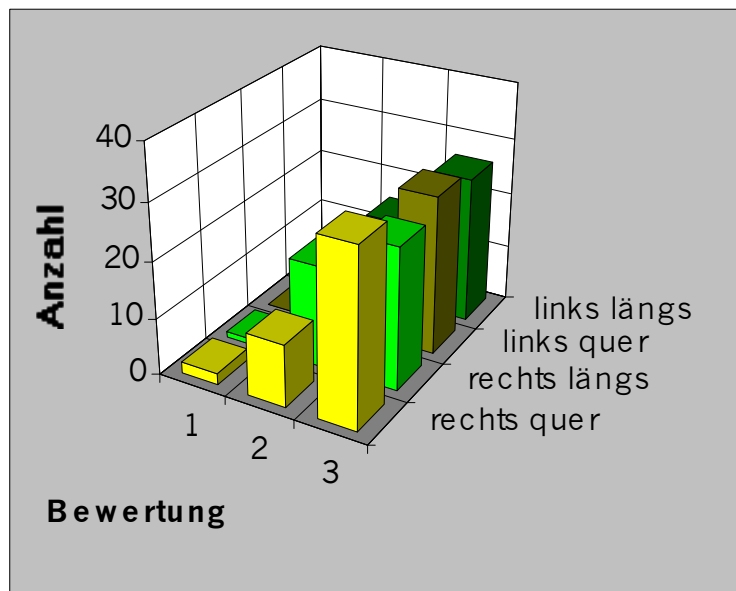


Abb. 4.15 Beurteilung der Einzelechos des Nierenbeckens der rechten und linken Niere, bei intraoperativer sonografischer Untersuchung im Quer- und Längsschnitt

Die Schallabschwächung an den Strukturen des Sinus renalis bzw. die Darstellbarkeit tieferliegender Parenchymabschnitte ist abhängig von der Echogenität und der Echodichte des Nierenbeckens. Bei einer Echogenität der Stufe 5 stören die Schallschatten bei einer Beurteilung der dahinterliegenden Nierenanteile.

4.4.5 Die Gefäße

4.4.5.1 Transkutane Untersuchungen

Bei transkutanen Untersuchungen konnte bei allen rechten Nieren die Arteria und Vena renalis im Hilus renalis dargestellt, aber nicht differenziert werden. Der Hilus renalis ist im Paralumbalschnitt, teilweise auch im Interkostalschnitt sichtbar. Auch die Vena cava und die Einmündung der Vena renalis in diese kann hier beurteilt werden.

Der Einsatz der Farbdopplersonografie im transkutanen Sonogramm ist allerdings mit der angewandten Technik nur in Einzelfällen möglich, da die Übertragungsstärke für qualitativ befriedigende Bilder nicht ausreicht. Die Darstellung der weiteren Aufzweigung der Nierengefäße im Sinus renalis und im Nierenparenchym war demnach, da abhängig von der Farbdopplersonografie, nur selten (bei drei Tieren) möglich.

4.4.5.2 Intraoperative Untersuchungen

Mit Hilfe der Farbdopplersonografie konnten bei den intraoperativen Untersuchungen die Nierengefäße von den Arteriae und Venae renales bis zu den Arteriae und Venae arcuatae dargestellt werden (s. Abb. 4.16 und 4.17). Es wurde der Gefäßdurchmesser der Arteria und der Vena renalis im Hilus renalis und der Durchmesser der Arteriae und Venae arcuatae bei beiden Nieren von 31 Tieren ermittelt (s. Tab.4.26.).

Tab.4.26 Messung der Durchmesser der Nierengefäße bei intraoperativen sonografischen Untersuchungen

Durchmesser	A. renalis	0,2-0,6 cm
	V. renalis	0,5-0,9 cm
	Aa. arcuatae	0,1-0,15 cm
	Vv. arcuatae	0,1-0,15 cm

Die zu Beginn dieser Arbeit vorgesehene Messung der Blutflußgeschwindigkeit in den Arteriae arcuatae zur Ermittlung des resistiven Indexes war durch die extreme Atemverschieblichkeit und Bewegungen des Tieres nur in wenigen Fällen durchführbar und lieferte keine auswertbaren Ergebnisse.

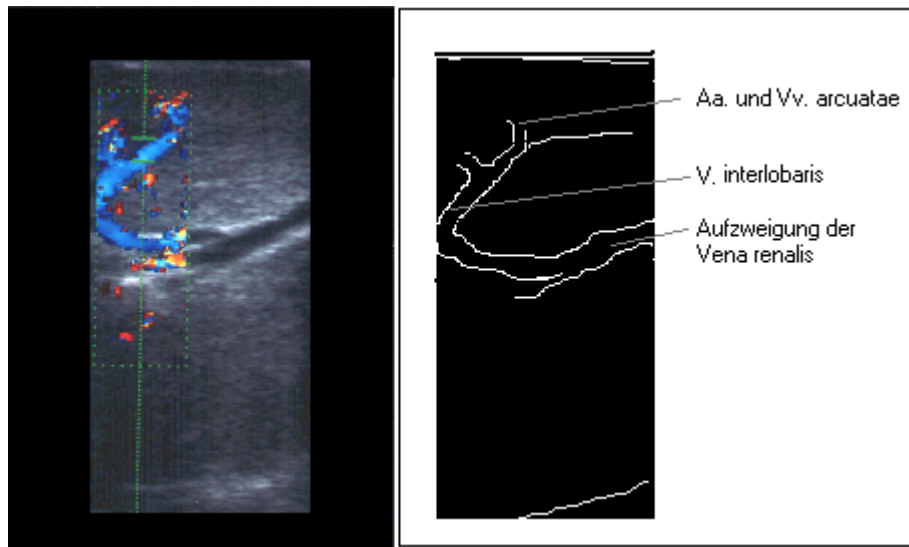


Abb. 4.16 Sonografische Darstellung der Gefäßaufzweigung bei intraoperativer Untersuchung

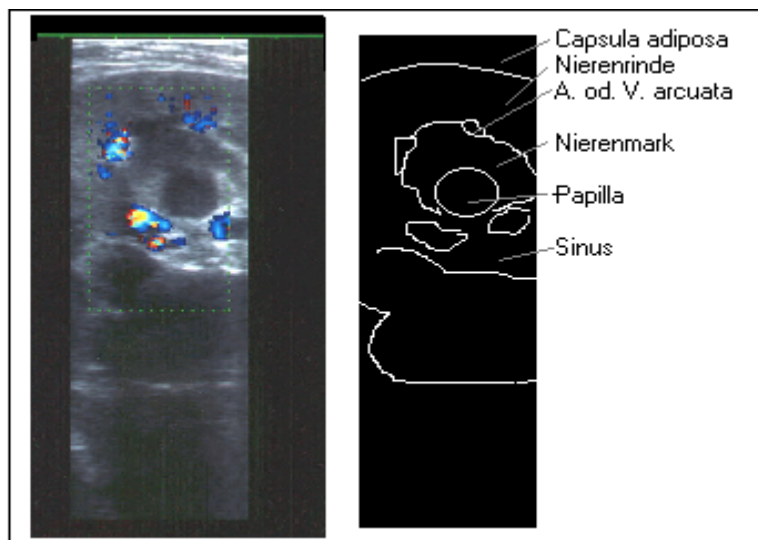
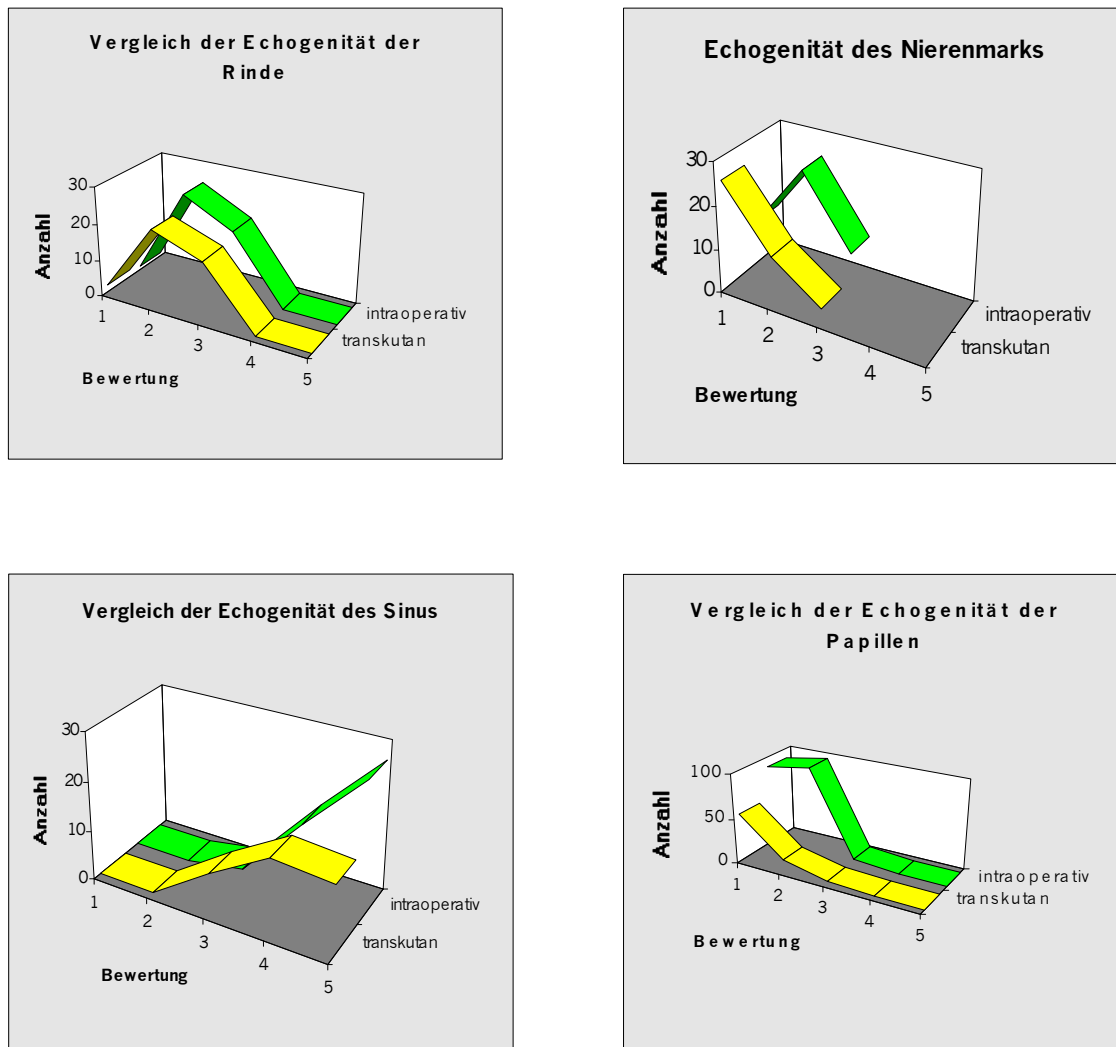


Abb. 4.17 Darstellung von Nierengefäßen bei intraoperativen sonografischen Untersuchungen

4.4.6 Die Harnleiter

Die Harnleiter konnten transkutan in keinem Fall und intraoperativ nur in zwei Fällen dargestellt werden. Bei diesen zwei Tieren war der Harnleiter bei jeweils einer Niere gestaut (s. Einzelfallberichte). Mit Hilfe des Farbdopplers konnte dieser von den Gefäßen im Sinus renalis differenziert werden

4.5 Vergleichsuntersuchungen zur Beurteilung der sonografischen Parameter bei transkutaner und intraoperativer Messung

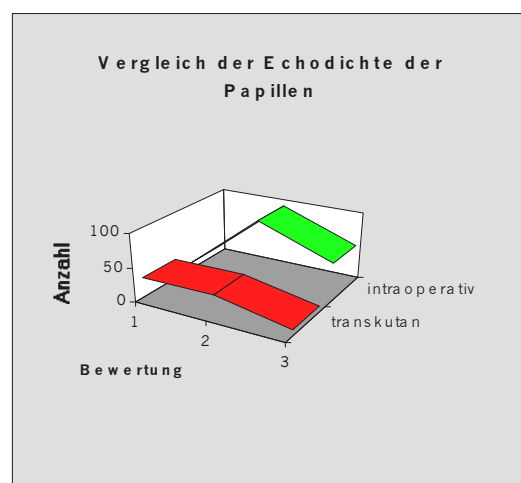
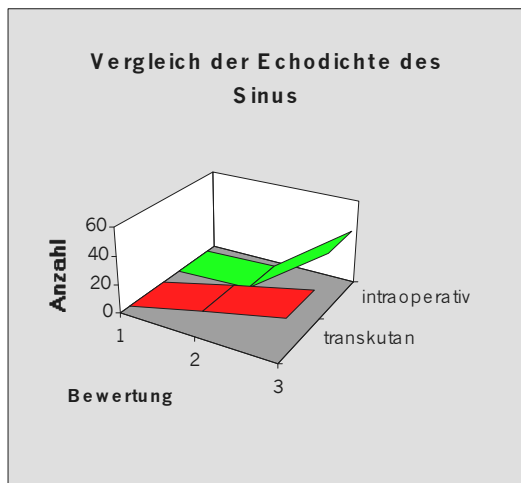
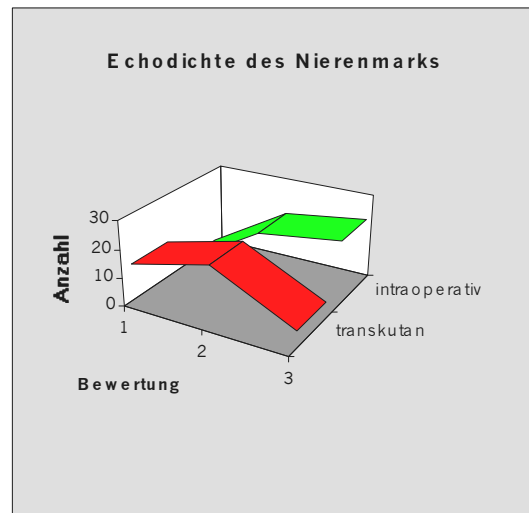
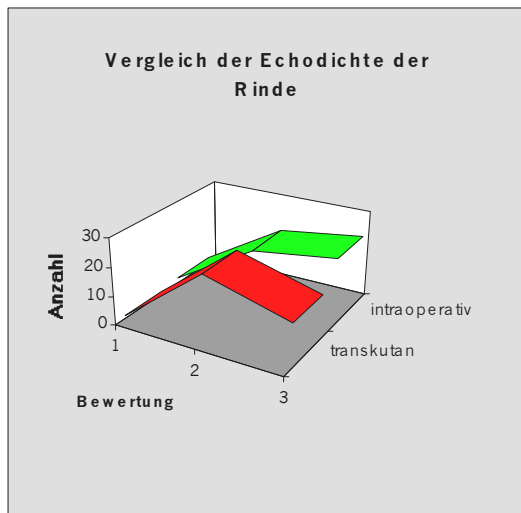


Anzahl = Anzahl aller Echogenitätsbeurteilungen

Abb. 4.18 Vergleich der Echogenitätsbeurteilung bei transkutanen und intraoperativen Ultraschalluntersuchungen

Beim Vergleich der subjektiv beurteilten sonografischen Parameter fällt auf, daß bei intraoperativen Untersuchungen die Echogenität häufig als stärker beurteilt wurde als bei transkutanen Messungen (Abb. 4.18).

Das gleiche gilt für die subjektive Beurteilung der Echodichte der einzelnen Parenchymanteile (Abb. 4.19).



Anzahl = Anzahl aller Echodichtebeurteilungen

Abb. 4.19 Vergleich der Echodichtebeurteilung bei transkutanen und intraoperativen Ultraschalluntersuchungen

4.6 Zusammenhang zwischen sonografisch gemessener Rückenfettdicke und Dicke der Nierenfettkapsel

Die statistische Auswertung des Vergleiches der Dicke der Nierenfettkapsel mit der Rückenfettdicke ergab einen signifikanten Zusammenhang für eine einseitige Korrelation, d.h. die Dicke der Nierenfettkapsel steigt mit der Zunahme der Rückenfettdicke. Bei zweiseitiger Korrelation ist dieser Zusammenhang knapp nicht mehr signifikant (0,052 Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman, s. Anhang)

4.7 Zusammenhang zwischen Größenmessungen am Tier und Größenmessungen der Nieren

Es wurde versucht, einen Zusammenhang zwischen Größenmessungen am Tier und der Nierengröße zu finden. Dabei wurden der horizontale, bzw. der vertikale Gesamtdurchmesser beider Nieren bei transkutanen Messungen und der Durchmesser im Quer- und Längsschnitt bei intraoperativen Messungen ins Verhältnis zu Brustumfang und Widerristhöhe des Tieres gesetzt

Es ist zwischen dem Brustumfang, bzw. der Größe des Tieres und dem vertikalen und horizontalen Durchmesser der Nieren bei den untersuchten Tieren kein signifikanter Zusammenhang nachweisbar. Das gleiche gilt für die intraoperative Messung des Quer- und Längsdurchmessers der Nieren.

4.8 Einzelfallberichte

1. Rind Nr. 42

Das 4-jährige Schwarzbunte Milchrind wurde mit der Verdachtsdiagnose einer Dislocatio abomasi ad dextrum in die Chirurgische Tierklinik zur Operation überwiesen. Die transkutane Ultraschalluntersuchung war aufgrund des stark aufgegastr Labmagens nur durch die Lendenwirbelquerfortsätze möglich. Dabei fielen im Nierenparenchym der rechten Niere helle „Ringe“ auf, deren Echogenität die aller anderen Strukturen übertraf. Nach Eröffnung der Bauchhöhle wurde die Inoperabilität der Labmagenverlagerung festgestellt. Bei der intraoperativen Sonografie beider Nieren konnte die Lage der echogenen Zone als im Nierenmark befindlich präzisiert werden.

Nach der Einschläferung des Tieres wurden die Nieren im Institut für Veterinär-Pathologie der Universität Leipzig untersucht und der Nachweis für zahlreiche Mikrolithen im Bereich der Sammelröhrchen erbracht.

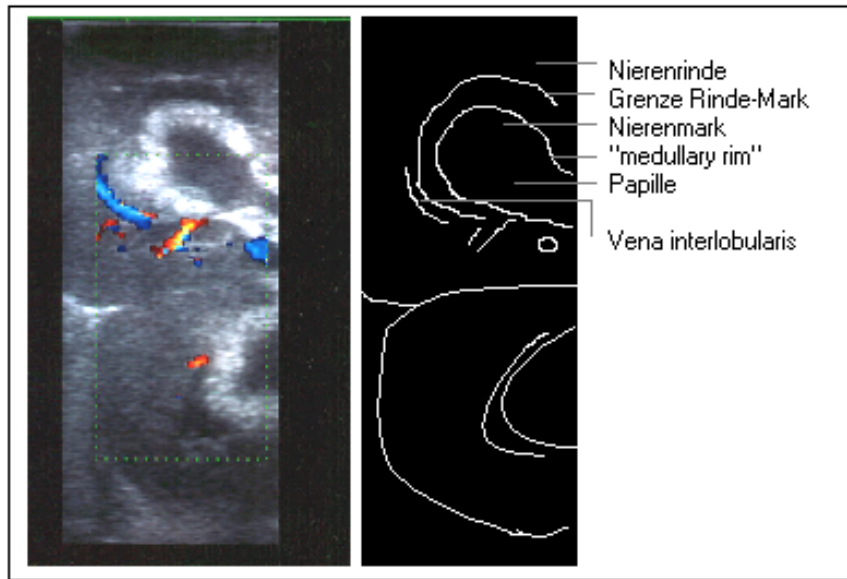


Abb. 4.19 Intraoperative sonografische Nierendarstellung Rind 42

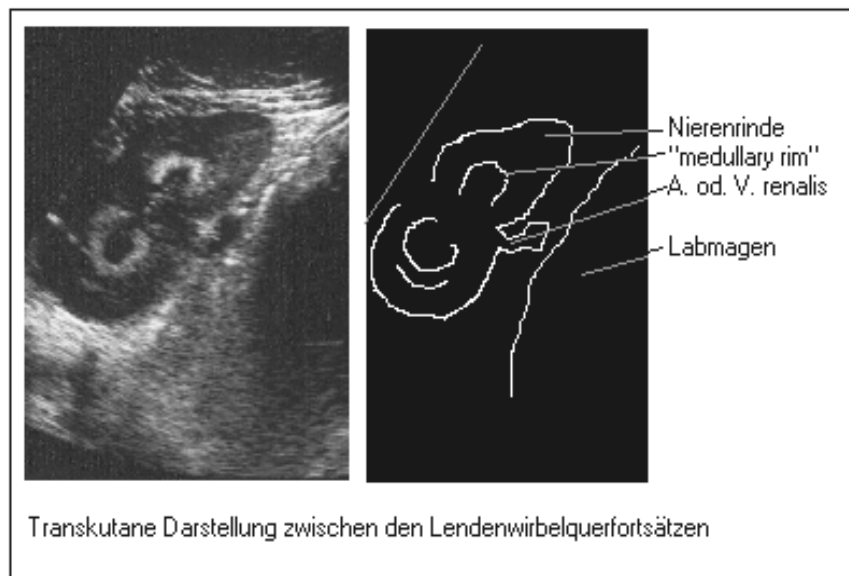


Abb.4.20 Transkutane sonografische Nierendarstellung Rind 42

2. Rind Nr. 19

Das 4-jährige Rind wurde in der Chirurgischen Tierklinik aufgrund einer Dislocatio abomasi ad sinistrum operiert. Die vor der Operation vorgenommene transkutane Ultraschalluntersuchung zeigte eine echoarme runde Struktur in der medial gelegenen Parenchymfläche. Diese Struktur konnte bei der intraoperativen Untersuchung ebenfalls dargestellt und vermessen werden (3,2 cm Durchmesser). Im Gegensatz zur transkutanen Untersuchung war intraoperativ auch eine dünne echogene Kapsel um das Gebilde nachweisbar. Es handelte sich offenbar um eine Nierenzyste. Die labordiagnostisch bestimmten Harn- und Blutparameter zeigten keine Hinweise auf eine Nierenerkrankung.

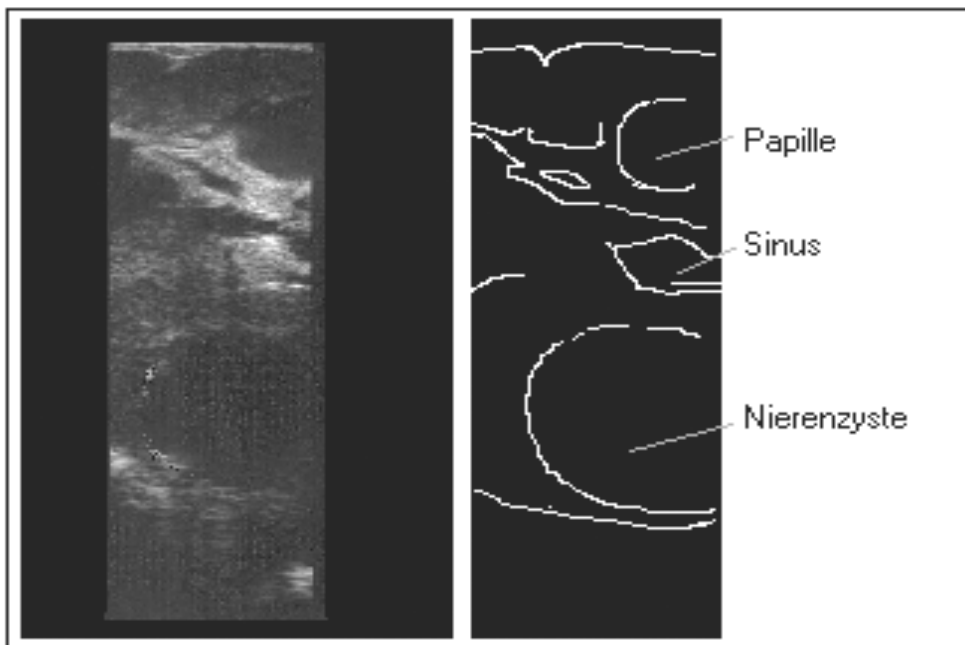


Abb. 4.21 Intraoperative sonografische Darstellung einer Nierenzyste (Rind 19)

3. Rind Nr. 35

Das aufgrund einer Dislocatio abomasi ad sinistrum operierte 4-jährige Schwarzbunte Milchrind wurde vor der Operation transkutan sonografisch untersucht. Während dieser Untersuchung wurde die rechte Niere als unauffällig bewertet. Die intraoperative Ultraschalluntersuchung der rechten Niere ergab einen im Bereich des Sinus renalis gestauten Harnleiter, dessen Anfangsteile im Nierenbecken ebenfalls vermehrt gefüllt waren (der Durchmesser betrug 0,5 cm). Dieser konnte durch den Einsatz des Farbdopplers von den Nierengefäßen differenziert werden. Der Harnleiter war auch außerhalb der Niere verfolgbar, eine Obstruktion konnte allerdings nicht nachgewiesen werden.

Die Harnuntersuchung ergab Hinweise auf eine Entzündung der harnableitenden Wege. Es befanden sich Entzündungszellen und Epithelien der harnableitenden Wege im Sediment. Die Blutuntersuchung ergab keine Veränderung der Nierenwerte (s. Anhang).

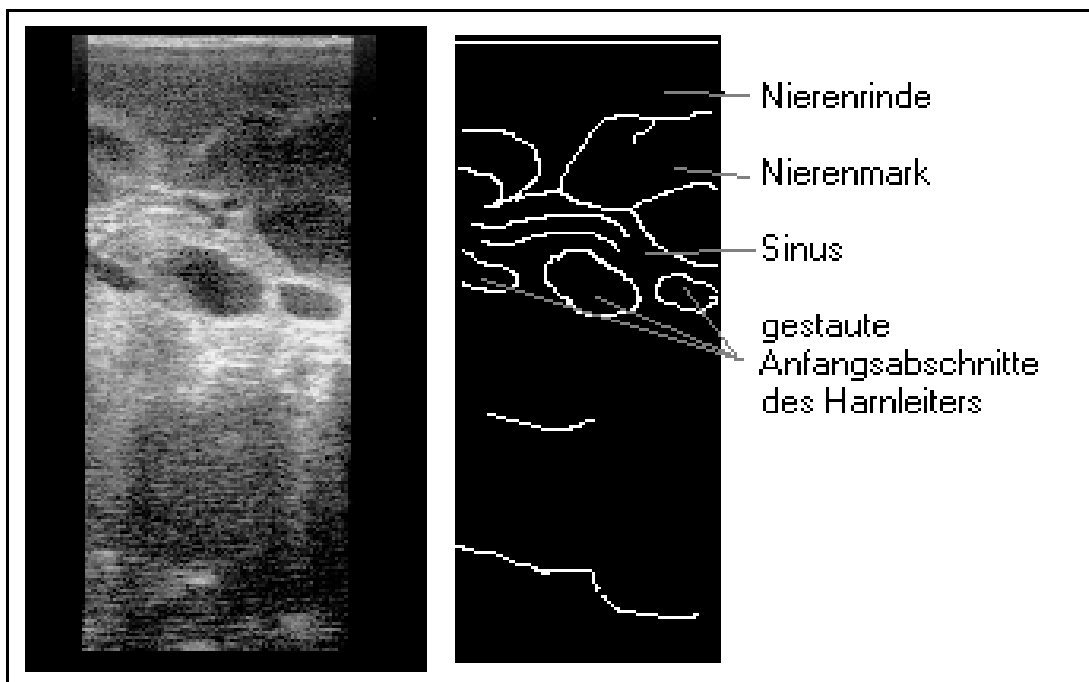


Abb. 4.22 Gestaute Anfangsabschnitte des Harnleiters, Rind 35

4. Rind Nr. 25

Am 17. 12. 1998 wurde ein ca. 5-jähriges Rind mit der Verdachtsdiagnose einer Dislocatio abomasi ad sinistrum in die Chirurgische Tierklinik eingeliefert. Dieser Verdacht konnte nicht bestätigt werden, das Tier wurde aber dennoch einer diagnostischen Laparotomie unterzogen. Bei der klinischen Untersuchung wurde eine Retentio secundinarium festgestellt. Die transkutane Ultraschalluntersuchung vor der Operation war unauffällig. Intraoperativ wurde unter Zuhilfenahme der Farbdopplersonografie in der linken Niere ein gestauter Harnleiter festgestellt. Der Harnleiter stellte sich als nahezu echolose, mit einer dünnen, echoreichen Linie umgrenzten Struktur dar, in welcher keine Bewegungen mit dem Doppler nachgewiesen werden konnten. Das übrige Nierengewebe erschien unverändert. Die Blutuntersuchung ergab eine Erhöhung der Harnstoffkonzentration, das Harnsediment wies erhebliche Mengen an Leukozyten und Erythrozyten auf, sowie einen geringen Gehalt an Rund- und Plattenepithelien. Da innerhalb und außerhalb der linken Niere keine Obstruktion des Harnleiters sonografisch nachgewiesen werden konnte, bestand der Verdacht, daß der Harnstau durch eine aufsteigende Entzündung der ableitenden Harnwege ausgelöst wurde.

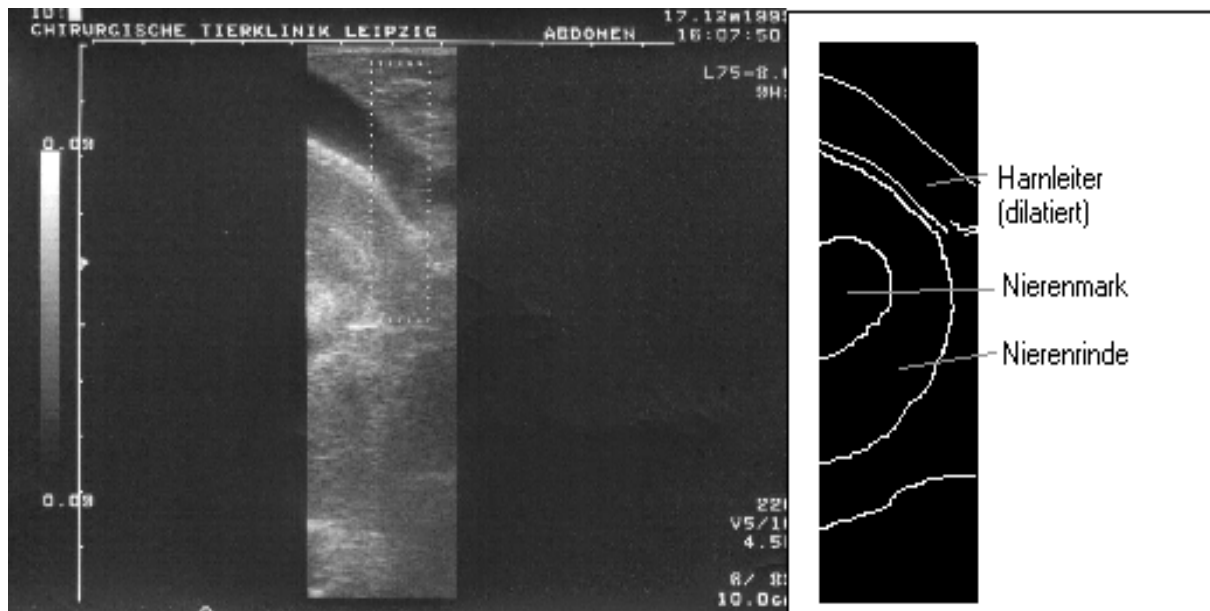


Abb. 4.23 Intraoperative sonografische Darstellung eines gestauten Harnleiters, Rind 25

5. Rind Nr. 16

Das am 13.6.1998 in die Chirurgische Tierklinik eingelieferte 6-jährige Rind wurde aufgrund einer Dislocatio abomasi ad sinistrum operiert. Während der Operation konnte weiterhin eine mittelgradige Peritonitis festgestellt werden. Das Tier befand sich in mäßigem Allgemeinzustand und schlechtem Ernährungszustand. Die transkutane Ultraschalluntersuchung war unauffällig. Bei der intraoperativen Ultraschalluntersuchung fiel als erstes auf, daß die Einstellung der Gesamtverstärkung im Gegensatz zu allen bisher untersuchten Tieren bei beiden Nieren erheblich erhöht werden mußte um befriedigende Bilder zu erhalten (100 dB). Die Echogenität der Nierenrinde war bei dieser Geräteeinstellung immer noch sehr gering, aber im Bereich der Papillae renalis und des Nierenmarks der rechten Niere konnten unregelmäßige, sehr reflexreiche Bereiche dargestellt werden. Die linke Niere wies ebensolche Bereiche auf, aber in geringerem Umfang. Bei der Palpation waren beide Nieren derb, aber nicht schmerzhaft. Die Blutuntersuchung bestätigte den Verdacht auf einen Nierenschaden: Harnstoff und Kreatinin wiesen einen erheblichen Anstieg auf (Harnstoff 18,7 mmol/l, Kreatinin 885 Ymol/l, s. Anhang). Aufgrund dieser Untersuchungsergebnisse konnte bei diesem Tier die Verdachtsdiagnose eines chronischen Nierenschadens mit fibrotischen Veränderungen des Nierenmarks gestellt werden.

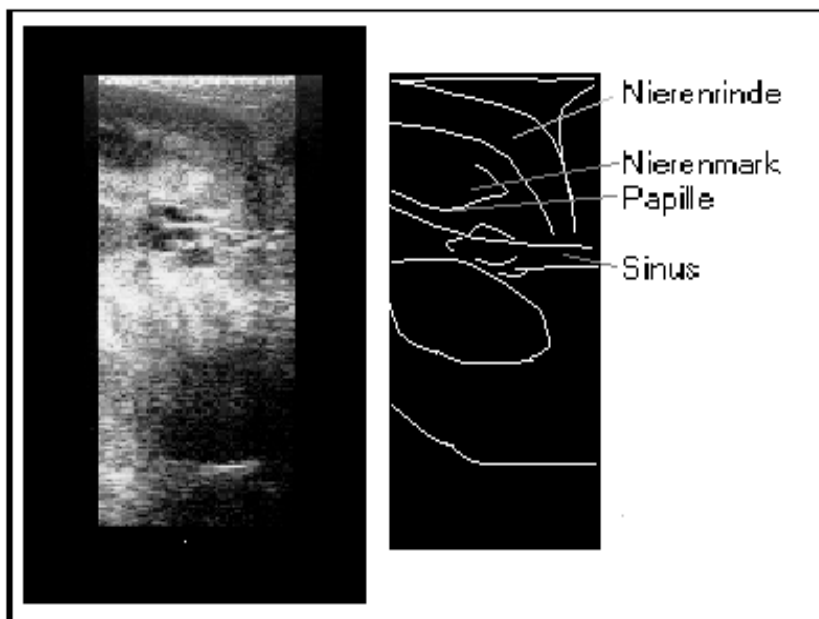


Abb. 4.24 Intraoperative sonografische Darstellung der rechten Niere, Rind Nr.16

6. Rind Nr. 31

Das 5-jährige Rind wurde aufgrund schlechten Allgemeinbefindens und Abmagerung am 12.2.1999 in die Chirurgische Tierklinik zu einer diagnostischen Laparotomie eingeliefert. Bei dieser Operation konnte im Abdomen des Tieres keine pathologische Veränderung festgestellt werden. Die zuvor stattgefundene transkutane Ultraschalluntersuchung lieferte ebenfalls keine Hinweise. Bei der intraoperativen Sonografie dagegen fiel die hohe Echogenität auf, mit welcher sich das Nierenmark und die Papillen der rechten Niere darstellten. Die linke Niere wies eine fokale Veränderung zweier Lobi renales auf, deren Nierenmark extrem reflexreich war. Die anatomische Struktur konnte hier kaum dargestellt werden.

Die Untersuchung der Blutparameter bestätigte die Verdachtsdiagnose chronischer, fibrotischer Veränderungen: Harnstoff und Kreatinin im Blut waren erhöht (Harnstoff: 14 mmol/l, Kreatinin: 329 μ mol/l, s. Anhang).

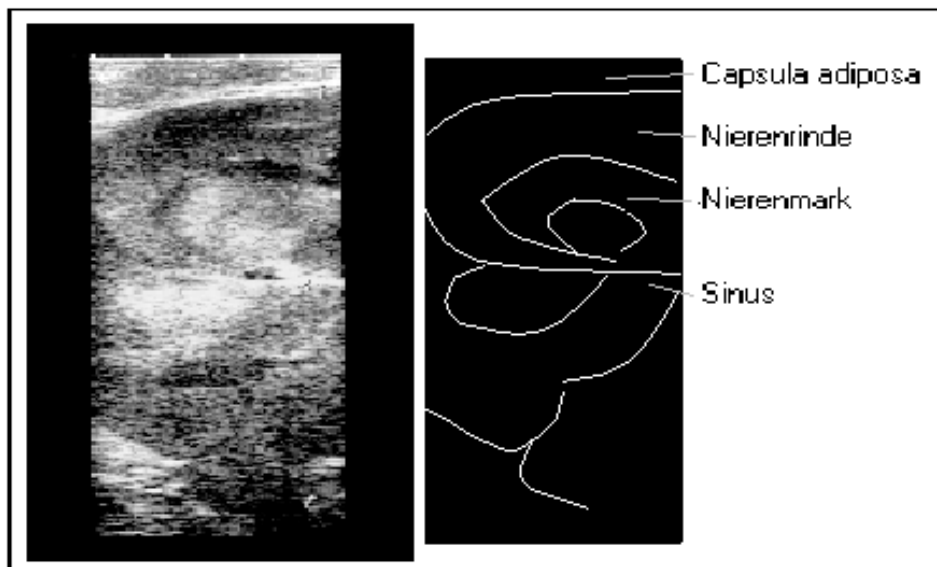


Abb. 4.25 Intraoperative sonografische Darstellung der rechten Niere, Rind Nr. 31

7. Rind Nr. 11

Das am 8.6. 98 mit dem Verdacht auf eine Dislocatio abomasi nach rechts operierte 4-jährige Tier hatte ein sehr schlechtes Allgemeinbefinden und war in einem schlechten Ernährungszustand. Bei der Operation wurde festgestellt, das im Bereich des Dünndarms ein Ileus vorlag. Alle abdominalen Gefäße waren sichtbar gestaut. Die aufgrund des Zustandes des Tieres sehr kurze sonografische Untersuchung zeigt das Bild stark gestauter Blutgefäße im Inneren der Nieren und eine erhöhte Echogenität im Bereich des Nierenmarks. Der Gehalt des Blutes an Harnstoff war offensichtlich aufgrund des schlechten Kreislaufzustandes stark erhöht. Das Tier wurde kurz nach der Untersuchung eingeschläfert.

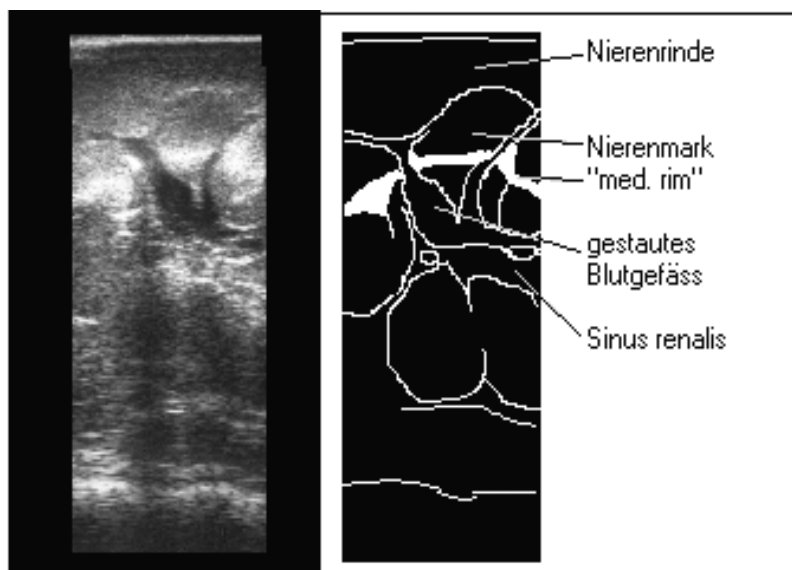


Abb. 4.26 Sonografische Darstellung gestauter Blutgefäße im Sinus renalis, Rind 11

4.9 Die laparoskopische Ultraschalluntersuchung der Nieren zweier Rinder

Es wurde bei zwei Rindern, welche aufgrund diagnostischer Fragestellungen einer laparoskopischen Untersuchung unterzogen werden sollten, gleichzeitig laparoskopischer Ultraschall der abdominellen Organe, darunter der Nieren vorgenommen.

Die sonografische Untersuchung der rechten Niere konnte bei beiden Tieren in derselben Weise erfolgen wie die intraoperativen Untersuchungen mit dem Linearschallkopf. Mit dem Laparoskop konnten die Positionen des Kopfes der Ultraschallsonde beobachtet und aufgenommen werden. Bei der Untersuchung der linken Niere ergaben sich dagegen Schwierigkeiten, da diese bei einer Laparoskopie von der rechten Körperseite aus hinter dem Vorhang des Omentum majus liegt und nur als Vorwölbung erkennbar ist. So können keine korrekten Positionsangaben über die Stellung des Ultraschallkopfes zur Niere gemacht werden.

Weder bei den qualitativen noch bei den quantitativen Parametern konnten Abweichungen zu den intraoperativ untersuchten Tieren festgestellt werden.

Bei keinem der Tiere ergaben sich während der sonografischen Untersuchung und klinisch oder labordiagnostisch Hinweise auf eine Nierenerkrankung.

Von beiden Rindern wurde die laparoskopische Ultraschalluntersuchung ausgezeichnet toleriert und es entstanden keine postoperativen Komplikationen.

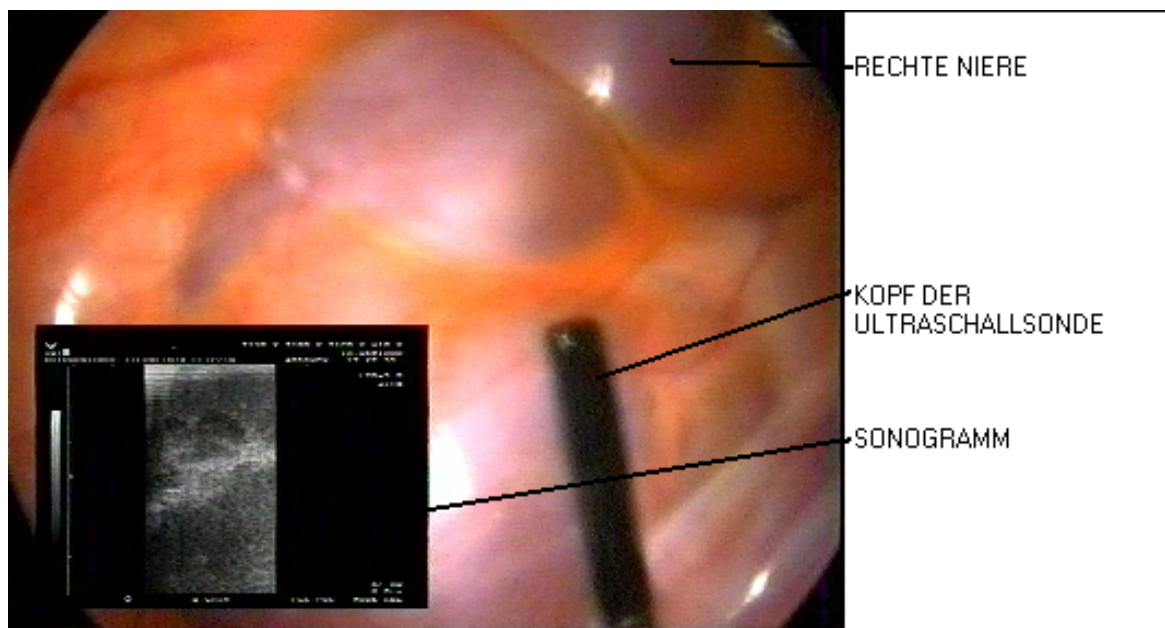


Abb. 4.27 Die laparoskopische Ultraschalluntersuchung einer Rinderniere

4.10 Auswertung der technischen Parameter der Ultraschalluntersuchung

4.10.1 Transkutane Untersuchung

Frequenzbereiche

Bei der transkutanen Ultraschalluntersuchung der rechten Niere wurde ein 3,7 MHz Konvexschallkopf (weitere Frequenzbereiche dieses Schallkopfes 3 und 6 MHz) eingesetzt und lieferte bei allen Kühen befriedigende Bilder. Die linke Niere konnte in 6 Fällen mit 3 bzw. 3,7 MHz untersucht werden

Auf den Einsatz eines 5 MHz Linearscanners wurde nach 18 Untersuchungen verzichtet, da die damit erzeugten Bilder zu schwierig zu interpretieren waren. Das lag zum einen an der bei 5 MHz bereits erheblichen Schallabschwächung im Gewebe, zum anderen an der zur Nierendarstellung zu geringen lateralen Breite des Bildes durch den schmalen Scanner.

Gesamtverstärkung (gain)

Bei Messungen mit dem 5 MHz Scanner war es erforderlich, stets die maximal mögliche Gesamtverstärkung (100 dB) einzusetzen.

Mit dem 3,7 MHz Konvexscanner wurden die besten Ergebnisse mit 90 bis 100 dB erreicht.

Zeitabhängige Verstärkung (time gain) und Bildkontrast

Beide Parameter wurden entsprechend den Erfordernissen (Echogenität der Haut- und Muskelschichten) angepaßt.

4.10.2 Intraoperative Untersuchung

Einsatz der verschiedenen Frequenzbereiche

Bei 33 Tieren war die Qualität der gewonnenen Bilder mit dem 7,5 MHz Scanner am günstigsten zu bewerten. Bei 11 Tieren war der Einsatz des 5 MHz Scanners sinnvoller. Generell liefern beide Frequenzbereiche befriedigende Bilder. Da die Eindringtiefe des 7,5 MHz Schallkopfes jedoch geringer ist als die des 5 MHz Schallkopfes, war es bei einigen Tieren deren Nieren stark reflexreiche Zonen aufwiesen günstiger, den geringeren Frequenzbereich zu wählen, um die Niere in ihrem Gesamtquerdurchmesser zu zeigen. Details der Nierenstruktur ließen sich am besten mit höheren Frequenzen, also 7,5 bzw. 8

MHz untersuchen. Allerdings ist dann die Schallabschwächung hinter dem Sinus renalis teilweise erheblich und so ist nur die schallkopfseitige Hälfte der Niere qualitativ gut darstellbar. Demnach war es zum Teil erforderlich den Scanner erneut zu positionieren, um auch die andere Hälfte beurteilen zu können.

Gesamtverstärkung (gain)

Bei Anwendung des 7,5 MHz und des 5 MHz Linearscanners wurde die Gesamtverstärkung mit der besten Qualität während der meisten Untersuchungen mit 80 dB ermittelt. Nur in Einzelfällen war es nötig diese etwas zu erhöhen (8 Tiere zwischen 90 und 94 dB) oder zu senken (4 Tiere zwischen 68 und 72 dB). Allerdings wurde festgestellt, daß es beim Einsatz des normalen Linearscanners häufiger nötig wurde, die Gesamtverstärkung zu erhöhen, als beim Einsatz der Ultraschallsonde.

Bei einem Tier war eine Gesamtverstärkung von 100 dB erforderlich, allerdings wies dieses einen Nierenschaden auf (s. Einzelfälle).

Die zeitabhängige Verstärkung (time gain)

Die zeitabhängige Verstärkung (time gain) wurde bei jeder Untersuchung den Erfordernissen angepaßt und ständig verändert. Besonders im Bereich hinter dem reflexreichen Band des Nierenbeckens ist eine Verstärkung des Signals sinnvoll.

Bildkontrast

Es war erforderlich, den Bildkontrast während der Untersuchungen zu verändern um qualitativ optimale Bilder zu erreichen.

5 Diskussion

In der Nierendiagnostik können Ultraschalluntersuchungen wertvolle diagnostische Hilfsmittel zur Beurteilung nichtoberflächlicher Strukturen, wie des Nierenparenchyms oder der Nierengefäße sein.

Es stellte sich in dieser Arbeit das Ziel, eine Methodik zu erarbeiten, welche es ermöglicht die Nieren sowohl transkutan als auch intraoperativ oder laparoskopisch sonografisch zu untersuchen.

Da es aber nur selten möglich ist, die linke Niere transkutan sonografisch zu erreichen und die Qualität der mit den erforderlichen niedrigen Frequenzen angefertigten Bilder stark schwankt, sollten in dieser Arbeit besonders Vorzüge und Nachteile intraoperativen und laparoskopischen Ultraschalls bei höheren Frequenzen untersucht werden.

5.1 Diskussion der Methodik

Die Auswahl sonografischer Parameter

Die sonografischen Parameter für die qualitative Beurteilung der einzelnen Nierenstrukturen wurden nach Literaturstudien ähnlicher Arbeiten (KNAUFF 1987, RAHLENBECK 1991) und nach der Zweckmäßigkeit bei der Anwendung in der sonografischen Nierenuntersuchung ausgewählt.

Besonderer Wert wurde bei der Auswahl auf die Reproduzierbarkeit der qualitativen Parameter, deren Beurteilung nur subjektiv erfolgen konnte, gelegt. Aus diesem Grund wurde auch von dem System von BÖNHOF (1987), welches auch von GERLACH et al.(1998) zur Beurteilung des Echomusters angewandt wurde, abgewichen. Um die Beurteilung objektivieren und auswerten zu können, wurden die verschiedenen qualitativen Parameter in Stufen eingeteilt.

Die Auswahl der Versuchstiere

Die Auswahl der untersuchten Tiere ergab sich aus dem Patientenmaterial, welches aus therapeutischen oder diagnostischen Gründen laparotomiert werden sollte und in die Chirurgische Tierklinik eingewiesen wurde. 40 Rinder wurden mit der Diagnose einer Dislocatio abomasi nach links, 8 Tiere mit der Diagnose einer Dislocatio abomasi nach rechts und 2 Tiere aus diagnostischen Gründen laparotomiert. Dieses Patientenmaterial ergab eine relativ homogene Tiergruppe von weiblichen, schwarzbunten Milchrindern im Alter von 2 bis 10 Jahren, die mit Ausnahme eines hochtragenden Tieres, nicht tragend oder in sehr frühem Trächtigkeitsstadium waren. Es ist jedoch anzumerken, daß es sich um Rinder mit geringen bis mittelgradigen Störungen des Allgemeinbefindens aufgrund ihrer Grundkrankheit handelte. Bei der Wertung der in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse ist deshalb stets zu bedenken, daß Störungen des Stoffwechsels und des Kreislaufsystems sekundär auch zu Schädigungen der Nierenfunktion führen können.

Da eine exakte Aussage zur Nierengesundheit eines Rindes labordiagnostisch immer noch ein Problem darstellt (KOENIGS 1989, RUMMER 1998), kann nicht ausgeschlossen werden, daß in die Untersuchung auch Tiere mit einer leichten Nierenschädigung eingegangen sind. Rinder mit einer Veränderung der labordiagnostisch untersuchten Parameter (insbesondere einer gleichzeitigen Erhöhung der Harnstoff- und Kreatininkonzentration des Blutes), wurden jedoch von der Auswertung ausgenommen und als Fallberichte dargelegt. Zu bemerken ist bei diesen Tieren eine Übereinstimmung der sonografisch gefundenen Veränderungen mit labordiagnostischen Veränderungen der Blut- und/oder Harnparameter.

Die transkutane Ultraschalluntersuchung der Nieren des Rindes

Transkutane Ultraschalluntersuchungen sind für das Tier mit den geringsten Belastungen verbunden. Die Methode ist nichtinvasiv und schmerzlos. Die Größe der rechten Niere, ihre innere Struktur und ihre Lage konnte in nahezu allen Fällen sonografisch erfaßt und ausgewertet werden. Nach BRAUN (1990) wird die rechte Niere am günstigsten in der Fossa paralumbalis und im letzten Interkostalraum durch das sogenannte Leberfenster dargestellt, kann aber auch im Bereich zwischen den Lendenwirbelquerfortsätzen untersucht werden. Da der Abstand des Schallkopfes zur Niere hier aber schon sehr groß ist, sind Messungen und Bewertungen meist ungenau. Aus diesem Grund wurden nur zwei Ebenen, ein Paralumbal-

und ein Interkostalschnitt in die Messungen und Beurteilungen einbezogen. Die linke Niere war nur in 6 Fällen im Bereich der Fossa paralumbalis aufzufinden. Abhängig ist dies von der Lage des Darms, dessen gasgefüllte Schlingen sich während vieler Untersuchungen vor das Organ schoben, vom Ernährungszustand des Tieres und der Echogenität des umgebenden Gewebes.

Die Echogenität der zwischen Niere und Schallkopf liegenden Gewebeschichten ist für die Qualität der Darstellung entscheidender als deren Dicke. Bei Tieren, bei denen die Differenz der Echogenität zwischen relativ echoarmer Niere und umliegendem Gewebe sehr hoch ist, ist die Detailerkennbarkeit innerhalb der Nierenstrukturen besonders schlecht.

Am effektivsten ist bei der transkutanen Sonografie der Einsatz eines Konvexscanners, da hier trotz geringer Auflagefläche ein großer Bildausschnitt aus dem Körperinneren dargestellt werden kann. Die verwandte Frequenz von 3,7 MHz ist zu dieser Untersuchung gut geeignet.

Die intraoperative Ultraschalluntersuchung der Nieren des Rindes

Um die Nieren intraoperativ untersuchen zu können ist eine Eröffnung der Bauchhöhle aus diagnostischen oder therapeutischen Gründen erforderlich. Intraoperativ kann dann der Scanner direkt auf die Nierenoberfläche aufgesetzt werden. Vorteil der Methode ist die größere Genauigkeit mit welcher Größenmessungen und Detailbeurteilungen vorgenommen werden können. Während bei transkutaner Untersuchung nie klar ist, in welcher exakten Schnittebene man die Nieren trifft (BRAUN 1993, MATTHEWS et al. 1996), da der Winkel in welchem die Nieren in der Bauchhöhle liegen anatomisch variiert, kann bei intraoperativen Messungen die Position des Schallkopfes stets genau festgelegt werden. Die Untersuchung ist am zweckmäßigsten mit einem Schallkopf durchzuführen, dessen Frequenzen von 5-7,5 MHz umschaltbar sind.

Die laparoskopische Ultraschalluntersuchung

Bei der laparoskopischen Untersuchung wird die Invasivität des Vorgehens auf ein Minimum beschränkt. Es werden zwei kleine Schnitte im Abstand von 10 cm in der Fossa paralumbalis angelegt, durch welche Trokare mit den erforderlichen Geräten eingeführt werden. Dabei ist

es zur Untersuchung der rechten Niere erforderlich, die Ultraschallsonde in den kranial gelegenen Trokar einzuführen.

Die laparoskopische Ultraschalluntersuchung der rechten Niere ist in den gleichen Schnittebenen und Schallkopfpositionen möglich, wie bei der intraoperativen Methode.

Während der Untersuchung der linken Niere ist es allerdings problematisch, die Schallkopfposition zu bestimmen, da die linke Niere nur als Vorwölbung des großen Netzes laparoskopisch sichtbar ist.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

Transkutane Untersuchungen

Vergleich mit den Ergebnissen von (BRAUN 1990)

Anhand der Untersuchung von 11 Schweizer Braunviehkühen durch BRAUN (1990) lassen sich sowohl bei den Größenmessungen als auch bei der Beurteilung der Darstellbarkeit Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu den eigenen Arbeiten feststellen.

Unterschiede in den Größenmessungen kommen vermutlich durch das abweichende Patientenmaterial zustande. So differieren die Abstandsmessungen in der Lumbar- und Paralumbarregion nicht annähernd so stark wie bei BRAUN. Allerdings kann in den eigenen Arbeiten festgestellt werden, daß die Beurteilung der Nieren aufgrund der störenden Wirbel und dicken Muskelschicht in der Lumbarregion bei den meisten Rindern tatsächlich erheblich schwieriger zu praktizieren ist als in der Fossa paralumbalis.

Abhängig ist dies aber vorwiegend vom Ernährungszustand des Tieres und der Muskelaufgabe. Auch läßt sich nur in der Fossa paralumbalis der horizontale Durchmesser der Nieren messen.

Die Messungen der Nierendurchmesser sind in den eigenen Untersuchungen durchschnittlich größer als bei BRAUN (BRAUN: rechte Niere horizontal: $9,4 \pm 0,98\text{cm}$, vertikal: $5,1 \pm 0,47\text{cm}$) und differieren auch stärker.

BRAUN war es nicht gelungen Nierenrinde und -mark zu differenzieren. In den eigenen Untersuchungen war dies immerhin während der paralumbalen Messung bei 36 und bei der interkostalen Messung bei 26 Tieren von 44 möglich. Eine Begründung dafür liegt möglicherweise in der besseren Ultraschalltechnik. Die Dicke der Rinde und des Marks

gemeinsam hat BRAUN zwischen 1,9 und 2,1 cm gemessen. Den Durchmesser des Nierensinus hat er mit $1,5 \pm 0,26$ cm bestimmt. Dies stimmt mit den eigenen Ergebnissen überein. Die Markpyramiden sind auch in den eigenen Untersuchungen stets gut darstellbar. Die Nierengefäße und der Harnleiter sind ebenfalls im Hilus renalis nicht zu unterscheiden.

Da allerdings bei den eigenen Untersuchungen der Harnleiter auch intraoperativ nicht aufzufinden war und die V. renalis mit ihrer Einmündung in die Vena cava meist darstellbar ist, kann durch ihre Rückverfolgung in den Nierenhilus zumindest bei gut untersuchbaren Tieren eine Differenzierung von Arteria und Vena renalis vorgenommen werden.

Übereinstimmend kann festgestellt werden, daß die Größenmessungen nicht exakt den anatomischen Größen entsprechen, da die Schnittebenen sonografisch nicht genau eingestellt werden können.

Zu diesem Ergebnis kam auch MATTHEWS et al. (1996) bei der Ultraschalluntersuchung von Pferden.

RAHLENBECK (1991) dagegen fand eine weitgehende Korrelation zwischen anatomischen und sonografischen Größenmessungen.

Die Qualität des gesunden Nierenparenchyms wird bei Pferden und in der Humanmedizin beschrieben als hypoechogen im Vergleich zum umliegenden Bindegewebe, bzw. zu der Muskulatur der Bauchwand (KIPER et al. 1990, RAHLENBECK 1991, MATTHEWS et al. 1996).

Die Nierenkapsel wird als z.T. inhomogen und hyperechogen beschrieben. Die Nierenrinde erscheint als homogene, mittelgradig echogene Zone, deren Abgrenzung zum Nierenmark nach einigen Autoren stets nachgewiesen werden kann (MATTHEWS et al. 1996), wohingegen RAHLENBECK (1991) eine Grenze zwischen Rinde und Mark nur bei 65% der Patienten auffinden konnte. Das Nierenmark wird als hypoechogen bis anechogen beschrieben.

Die Darstellung der sonografischen Qualität der Nierenstrukturen kommt, wie aufgezeigt werden konnte, beim Rind zu vergleichbaren Ergebnissen.

Intraoperative Untersuchungen

Die Detailerkennbarkeit mit welcher Nierenstrukturen darstellbar sind, ist bei intraoperativen Untersuchungen erheblich besser als bei transkutanen Untersuchungen. So ließ sich beispielsweise die Grenze zwischen Nierenrinde und -mark bei den intraoperativen

Untersuchungen in allen Fällen als echogener Streifen sichtbar machen, in welchem sich die echolosen Arteriae und Venae arcuatae mit einem Durchmesser von 0,1-0,15 cm darstellen. Weiterhin läßt sich die Capsula adiposa stets von der Capsula fibrosa differenzieren und messen. Die Dicke der Nierenfettkapsel kann zur Beurteilung des Ernährungszustandes des Tieres dienen, da sie signifikant mit der sonografisch gemessenen Rückenfettdicke korreliert. Die Größenmessungen lassen sich mit den transkutanen Werten kaum vergleichen, da es nicht möglich ist, die gleichen Schnittebenen der Nieren intraoperativ zu wiederholen. Es wurde versucht eine Korrelation in der Dickenmessung der einzelnen Schichten zu finden, aber da die hier untersuchten, nierengesunden Tiere untereinander nur sehr geringe Abweichungen in diesen Maßen aufweisen, ist ein solcher Vergleich nicht möglich.

Entsprechend den anatomischen Gegebenheiten sind die Mittelwerte der Messungen des Gesamtdurchmessers der linken Niere im Längsschnitt (6,3 cm), bei welchem der Schallkopf von ventral auf das Organ gehalten wurde, größer als im Querschnitt (5,9 cm), welcher von medial nach lateral geführt wurde. Dies wird nicht durch die vermehrte Dicke eines Parenchymanteils verursacht, sondern ist gleichmäßig verteilt auf alle Schichten.

Der Vergleich subjektiv beurteilter sonografischer Parameter wie der Echodichte und der Echogenität bei transkutanen und intraoperativen Messungen zeigt, daß diese Werte bei intraoperativen Bewertungen häufig als „echogener“ oder „echodichter“ eingestuft wurden als transkutan. Eine vermutliche Begründung dafür ist das bessere Erfassen sehr feiner Echos durch die intraoperativ eingesetzten höheren Frequenzen und die größere Nähe zum Organ.

Vergleich mit den rektalen Untersuchungen der linken Niere von BRAUN (1993)

Von BRAUN (1993) wurden bei 12 Kühen die linken Nieren rektal mit einem 5 MHz Linearscanner untersucht. Dabei wurde der vertikale Durchmesser der Niere in der Nähe des Hilus renalis mit $6,2 \pm 1,0$ cm gemessen. Die Nierenrinde und das Nierenmark zusammen hatten einen Durchmesser von 2-2,3 cm, der Sinus renalis einen Durchmesser von 1,1-2,5 cm. Arterien, Venen und Harnleiter konnten nicht differenziert werden. In den vorliegenden Untersuchungen konnten diese Ergebnisse nachvollzogen und präzisiert werden.

„Medullary rims“ oder „rings“

Während der intraoperativen Untersuchungen ist eine in der Humanmedizin und der Veterinärmedizin bisher nur selten beschriebene Veränderung des Nierenmarks nachgewiesen worden. Mehr oder weniger bei allen untersuchten Kühen war in der Peripherie des Nierenmarks, z.T. auch etwas zentraler als Begrenzung der Papillae renalis, ein hyperechogener Streifen darstellbar. Dieser besaß bei einem Großteil der Rinder in etwa die Echogenität der Grenze zwischen Rinde und Mark und hob sich somit vom wenig echogenen Nierenmark ab. Bei einem Teil der Tiere war er noch reflexreicher als diese Grenze.

In der Humanmedizin werden sonografische Zeichen dieser Art als „medullary rims“ oder „rings“ beschrieben. Als Ursache für diese Veränderung werden einerseits fibrotische Nierenerkrankungen mit und ohne Kalzifizierung genannt (PAIVANSALO et al. 1991), andererseits werden diese als Zeichen physiologischer Prozesse der Nierenkalzifikation bei Neonatalen, aber auch bei adulten Patienten, gewertet (PAIVANSALO et al. 1991, NAKAMURA et al. 1999). Eine weitere Ursache für Kalzifikationen des Nierenmarks werden in azidotischen Vorgängen im Tubulussystem gesehen (GUCKEL et al. 1989).

PAIVANSALO et al. (1991) fanden diese Zeichen bei Patienten mit einer manifesten Nierenerkrankung, bei Patienten mit einer Störung des Mineralstoffwechsels (Phosphor, Kalzium, Harnsäure) und bei vollkommen asymptomatischen Patienten. Das Auftreten der Hyperechogenität dieser Zone korrelierte offensichtlich nicht mit der Schwere der Nierenerkrankung.

In der Veterinärmedizin wurden medullary rims bisher bei neonatalen Fohlen und bei Pferden welche eine Überdosis an Phenylbutazon erhalten hatten, nachgewiesen (RAMIREZ et al. 1998).

Da diese „medullary rims“ bei allen untersuchten Rindern auftreten, kann festgestellt werden, daß diese beim adulten weiblichen Milchrind kein Anzeichen für eine Nierenerkrankung darstellen. Da jedoch Mineralstoffwechselstörungen bei dieser Tiergruppe zu den häufigsten Erkrankungen zählen (GRÜNDER 1978), ist hier möglicherweise ein Zusammenhang zu sehen. Die extreme Ausprägung der Reflexe in diesem Bereich, wie bei Einzelfall 42, kann allerdings ein Hinweis auf eine Schädigung der Nieren liefern.

Gefäßdarstellung und Blutflußmessung

Bei allen intraoperativen Untersuchungen ist es möglich, alle relevanten renalen Gefäße von ihrem Ursprung in der Aorta abdominalis bis zur Einmündung der Vena renalis in die Vena cava darzustellen. Dazu erforderlich ist allerdings der Einsatz der Farbdopplersonografie. Ohne deren Hilfe ist eine Differenzierung zwischen arteriellen und venösen Gefäßen nur im Hilus renalis möglich, wo durch die Stärke der Wandechos, welche bei der V. renalis schwächer sind, Vene und Arterie voneinander unterschieden werden können.

Im Sinus renalis, dessen reflexreiches Band keine Differenzierung von Wandechos zuläßt, ist eine solche Unterscheidung nicht möglich.

Die Einstellung der Farbskala bei der farbkodierten Dopplersonografie erlaubt eine Unterscheidung von auf den Scanner zu- und weggerichtetem Blutfluß. Damit lassen sich arterielle und venöse Gefäße unterscheiden.

Auf diese Weise kann die Richtung, aber auch die Qualität (Turbulenzen, Stauungen) des Blutflusses bestimmt werden.

Eine Bestimmung der Blutflußgeschwindigkeit stellte in dieser Arbeit ein noch nicht gelöstes Problem dar. Durch die während Operationen erhöhte Atemfrequenz, in deren Rhythmus sich auch die Nieren mitbewegen, war es ausgesprochen schwierig den Scanner genügend lange auf ein entsprechendes Blutgefäß einzustellen, um Messungen vornehmen zu können.

Ehe eine zweckmäßige Einstellung auf ein Blutgefäß in günstigem Winkel mit entsprechendem Wandfilter möglich war, konnte die gewünschte Position nicht mehr beibehalten werden. Da die Zeit für die Ultraschalluntersuchung möglichst nicht über 8 Minuten ausgedehnt werden sollte, um zusätzliche Belastungen für das Tier zu vermeiden, wurde nach erfolglosen Versuchen die Untersuchung nach dieser Zeit abgebrochen.

Die sonografische Darstellung erkrankter Nieren

Von MATTHEWS et al. (1996) wurde festgestellt, daß die sonografische Untersuchung die beste Methode ist, die Nieren des Pferdes darzustellen. Die Charakterisierung von pathologischen Veränderungen und deren Lokalisation ist nur mit dieser diagnostischen Technik möglich.

Allerdings kann ein Sonogramm nur Hilfsmittel in der Diagnostik sein.

Bei den hier vorliegenden Untersuchungen konnten während intraoperativen Ultraschalls bei 4 Tieren krankhafte Veränderungen nachgewiesen werden, die transkutan nicht feststellbar waren. Zwei der Tiere hatten einen gestauten Harnleiter (Einzelfälle 25 und 35). Bei diesen beiden Tieren hatte die transkutane Ultraschalluntersuchung keine Anomalien ergeben. Dies lag vermutlich einerseits an dem nicht sehr starkem Durchmesser der Harnleiter (0,5 cm), die möglicherweise als Blutgefäße gewertet wurden, zum anderen ist es transkutan meist schwierig den weiteren Verlauf einer kleinen Struktur zu verfolgen.

Bei zwei weiteren Tieren (Einzelfälle 16 und 31) konnte intraoperativ die normale Nierenstruktur nicht oder nur in Teilen nachgewiesen werden, und es wurde eine höhere Echogenität des Parenchyms, besonders des Nierenmarks festgestellt. Diese Veränderungen waren in der zuvor stattgefundenen transkutanen Untersuchung nicht aufgefallen, oder nicht richtig bewertet worden. Die Blutuntersuchung bestätigte das Vorliegen einer schweren Nierenschädigung, die aufgrund des Sonogramms als chronische Erkrankung mit fibrotischen Veränderungen eingestuft wurde.

Bei der Beurteilung der Sonogramme wurden vor allem Erkenntnisse aus der Humanmedizin herangezogen. Während bei fibrotischen Nierenveränderungen eine deutliche Steigerung der Echogenität je nach Lokalisation, welche sogar graduiert werden kann (FIEGLER et al. 1987), auftritt, ist die Diagnose von akuten Entzündungen des Nierenparenchyms schwieriger zu diagnostizieren. Hier sinkt die Echogenität des Parenchyms, verbunden mit einer Zunahme des Nierendurchmessers (FIEGLER et al. 1981 b, FROMMHOLD u. KOISCHWITZ 1987).

Die Echogenität des Parenchyms einer chronisch erkrankten Niere steigt nach KIPER et al. (1990) und MATTHEWS et al. (1996) beim Pferd, und kann höher werden als die Echogenität der Leber.

Dabei verliert das Parenchym seine charakteristische Struktur und wird inhomogen

Bereits im transkutanen Ultraschallbild deutlich sichtbare Nierenveränderungen waren bei zwei Tieren feststellbar. Dabei handelte es sich um eine bereits transkutan darstellbare Nierenzyste (Tier 19) mit einem Durchmesser von 3,3 cm und um ein Rind mit einer extremen Ausprägung der „medullary rims“, bei welchem postmortal zahlreiche Mikrolithen in der subkortikalen Markzone nachgewiesen wurden (Tier 42).

In einem Fall konnte eine sekundäre Nierenveränderung anhand des intraoperativen Ultraschallbildes nachgewiesen werden. Bei diesem Tier, welches unter einer

Labmagenverlagerung nach rechts und einem zusätzlichen Dünndarmileus mit Stauung aller abdominalen Gefäße litt, waren die Nierengefäße ebenfalls bis in den Bereich der Interlobulargefäße gestaut. Gleichzeitig war im Sonogramm die Echogenität eines median gelegenen Markstreifens stark erhöht.

Anormale Größenmessungen traten bei keinem Tier auf.

Es kann festgestellt werden, daß bei der transkutanen Ultraschalluntersuchung der Nieren des Rindes größere fokale Veränderungen und stärkere Echogenitätsabweichungen sichtbar gemacht werden konnten, wohingegen Strukturverluste des Parenchyms, feinere Echogenitätsabweichungen und kleine fokale Veränderungen nur bei der intraoperativen Ultraschalluntersuchung darstellbar waren.

5.3 Schlußbetrachtung

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Sonografie ein wertvolles diagnostisches Hilfsmittel zur Untersuchung der Nieren des Rindes sein kann.

Transkutane sonografische Untersuchungen geben gute Überblicksdarstellungen der rechten Niere. Mit den in dieser Arbeit ermittelten quantitativen und qualitativen sonografischen Parametern an nierengesunden Kühen können vergleichende Aussagen bei diagnostischen Fragestellungen getroffen werden. Intraoperativer Ultraschall ist an beiden Nieren des Rindes sehr gut durchführbar. Diese Untersuchung liefert noch erheblich präzisere und detailgetreue Ergebnisse aufgrund der verwendbaren höheren Frequenzen. Sie kann während diagnostischer Laparotomien oder als laparoskopischer Ultraschall die Erkennung einer Nierenerkrankung, deren Art und Schwere, bei fokalen Veränderungen deren Umfang, ermitteln helfen und weitere diagnostische Methoden (Blut- und Harnuntersuchungen) ergänzen. Bei der Beurteilung der Ergebnisse der verschiedenen Methoden ist allerdings auf die in dieser Arbeit herausgestellten Abweichungen der Messungen und mögliche Fehlbeurteilungen zu achten.

Die vorliegenden quantitativen und qualitativen Parameter geben einen Überblick über den Bereich, in welchem sich bei gesundem Nierengewebe Größenmessungen und Echoqualitätsbeurteilungen (auch der einzelnen Parenchymanteile) bewegen können.

Entscheidend für die Bewertung der Nierengesundheit ist die Darstellbarkeit und Homogenität innerer Strukturen. Ist diese verlorengegangen, oder können starke

Abweichungen in der Echogenität festgestellt werde, kann von einer pathologischen Veränderung ausgegangen werden.

Inwieweit sich bei den einzelnen Nierenerkrankungen die Echodichte, die Einzelechoqualität und die Echogenität verändern, muß in weiteren Untersuchungen geklärt werden, da auf eine Biopsieentnahme zugunsten einer geringeren Belastung des Tieres verzichtet wurde.

Ebenfalls zu klären ist, ob die Lokalisation einer Nierenerkrankung (glomerulär, tubulär), bzw. deren Schwere sonografisch dargestellt werden kann.

Hinzuzufügen ist, daß die Indikationsstellung für intraoperativen Ultraschall mit Sicherheit keine alltägliche Aufgabe darstellt und sorgfältig bedacht werden sollte. Sinnvoll eingesetzt, nicht als "Diagnosemethode der ersten Wahl", sondern als Ergänzung oder in Zweifelsfällen, kann sie aber zur Festlegung des Schicksals wertvoller Einzeltiere, zur Prognosestellung oder Feststellung der Behandlungsstrategie beitragen.

6 Zusammenfassung

Transkutane, intraoperative und laparoskopische Ultraschalluntersuchungen an den Nieren des Rindes

Beate Landmann

Chirurgische Tierklinik der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig

März 2000

115 Seiten, 40 Abbildungen, 28 Tabellen, 180 Literaturangaben, Anhang mit 2 Tabellen und 6 Abbildungen

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit verschiedenen Methoden, die Nieren des Rindes sonografisch zu untersuchen, um deren Vor- und Nachteile, sowie die Praktikierbarkeit zu testen und zu vergleichen. Es sollte vor allem der Einsatz intraoperativen und laparoskopischen Ultraschalls beim Großtier eingeführt werden, um möglicherweise ein neues diagnostisches Hilfsmittel in der Nierenuntersuchung zu erhalten. Es wurden an 50 weiblichen Rindern intraoperative und transkutane sonografische Untersuchungen vorgenommen.

Die transkutane Ultraschalluntersuchung mit einem 3,7 MHz Konvexscanner in der rechten Fossa paralumbalis, im 12. Interkostalraum und zwischen den ersten Lendenwirbelquerfortsätzen bietet die Möglichkeit einer Überblicksdarstellung über Lage und Aufbau der Nieren. Allerdings ist die sonografische Untersuchung der linken Niere in sehr vielen Fällen aufgrund ihrer Lage im Abdomen nicht möglich. Der horizontale Gesamtdurchmesser der rechten Niere beträgt bei Messung in der Fossa paralumbalis $10,8 \pm 1,7$ cm und der vertikale Gesamtdurchmesser $5,9 \pm 1,0$ cm. Die Capsula adiposa der Niere ist bei transkutaner Untersuchung nicht von der Capsula fibrosa abzugrenzen. Ebenso ist es in einigen Fällen nicht möglich, Nierenrinde und Nierenmark zu differenzieren. Die Darstellung der Blutgefäße außerhalb der Nieren ist möglich, jedoch lassen sich mit der angewandten Technik Vene und Arterie nur schwer unterscheiden. Im Inneren der Nieren kann eine Differenzierung von Blutgefäßen nicht vorgenommen werden. Der Harnleiter ist ebenfalls nicht darstellbar. Die einzelnen Strukturen der Niere lassen sich mit Hilfe qualitativer sonografischer Parameter charakterisieren. Der stark echogenen Nierenkapsel schließt sich die mittel echogene Nierenrinde mit feinen Einzelechos und mittlerer Echodichte an. Das Nierenmark wird durch seine schwache Echogenität, die mittlere Echodichte und die

ebenfalls feinen Einzelechos charakterisiert. Der Sinus renalis ist gekennzeichnet durch eine starke Echogenität, mittlere bis hohe Echodichte und grobe Einzelechos.

Die intraoperative sonografische Untersuchung der Rindernieren während diagnostischer oder therapeutischer Laparotomien wurde mit einem im Bereich 5, 7,5 und 8 MHz arbeitenden Linearschallkopf durchgeführt. Das direkte Aufsetzen des Scanners auf die Nieren ermöglicht die Anwendung hoher Frequenzbereiche und trägt somit wesentlich zur Verbesserung der erzielten Detailgenauigkeit bei. Im Inneren der Nieren lassen sich die Blutgefäße bis zur Aufzweigung der Arteriae arcuatae verfolgen, Capsula adiposa und -fibrosa sowie Nierenrinde und Nierenmark sind stets differenzierbar. Bei allen untersuchten Nieren ist ein reflexreicher Bereich darstellbar, das sogenannte „medullary rim sign“, welches in der Human- und Veterinärmedizin als pathologische Veränderung gesehen wird.

Messungen und Auswertungen der Nierendurchmesser, der Durchmesser von Nierenrinde, Nierenmark und Sinus renalis sowie der Blutgefäße wurden in definierten Längs- und Querschnitten vorgenommen. Die Ergebnisse der Bestimmung der qualitativen sonografischen Parameter Homogenität, Echogenität, Echodichte und Einzelechos ist mit der transkutanen Untersuchung vergleichbar. Allerdings werden Echogenität und Echodichte intraoperativ oft als etwas höher eingeschätzt. Die qualitativen Merkmale wurden in allen ausgewerteten Schnittebenen beurteilt und für alle nierengesunden Tiere zusammengefaßt, um Bereiche festlegen zu können, in denen Echogenität, Echodichte und Einzelechos als sonografisch unverändert eingestuft werden können. Im Ergebnis dieser Auswertung kann eine Aussage über das sonografische Bild einer transkutan und intraoperativ untersuchten, gesunden Rinderniere getroffen werden. Anhand einiger Einzelfälle nierenkranker Tiere konnte der diagnostische Wert der Untersuchungen überprüft werden, indem die Abweichungen, die im Vergleich zu nierengesunden Tieren festgehalten werden konnten, ausgewertet und mit den Ergebnissen der klinischen und labordiagnostischen Parameter verglichen wurden.

Weiterhin wurde während zweier Untersuchungen die Praktikierbarkeit laparoskopischen Ultraschalls aufgezeigt.

Ein Zusammenhang zwischen Größe des Tieres und Nierengröße wurde nicht gefunden. Es besteht jedoch ein positiver Zusammenhang zwischen Dicke der Nierenfettkapsel und der sonografisch gemessenen Rückenfettdicke.

6.1 Summary

Transcutaneous, intraoperative and laparoscopic ultrasonography of the bovine kidney

Beate Landmann

Large Animal Clinic for Surgery of the Faculty of Veterinary Medicine, University of Leipzig

March 2000

115 pages, 40 figures, 28 tables, 180 references and appendix: 2 tables, 6 figures

The objective of this research is to detect and compare several methods of sonographical examination of the bovine kidney, and to determine their advantages and disadvantages. Of great importance was the ability to assess intraoperative and laparoscopic ultrasonography in large animals as a new aid in kidney examination. Fifty cows were sonographically (transcutaneous and intraoperative) examined.

The transcutaneous sonographical examination using a 3,7 MHz scanner was possible through the right fossa paralumbalis, cranial to the 12th intercostal space and ventral to the lumbar vertebrae L1 - L4. This offered a general view of position and structure of the kidneys. However, it was in many cases not possible to examine the left kidney due to its medial position in the abdomen. The horizontal diameter of the right kidney, measured in the Fossa paralumbalis was $10,8 \pm 1,7$ cm and the vertical diameter was $5,9 \pm 1,0$ cm.

In the transcutaneous examination the renal capsula adiposa could not be differentiated from the capsula fibrosa. In some cases it was not possible to distinguish between medulla and cortex renalis. The visualization of blood vessels, e.g. arteria or vena renalis outside the kidney was possible, but the differentiation between artery and vein was difficult. The ureter was normally not visible. The inner renal blood vessels could not be differentiated.

The individual structures of the kidney were characterized by different qualitative sonographical parameters. The intense echogenic capsula lies against the cortex renalis, characterized by a medium echogenicity, a medium density of echos and fine single echos. The medulla renalis could be recognised as low echogenicity, medium density of echos and fine single echos. The characteristics of the sinus renalis were intense echogenicity, a medium or high density, and coarse single echos.

The intraoperative sonographical examination of the bovine kidney was performed during diagnostic or therapeutic laparotomies using a linear scanner, operating between the range of

5, 7.5 and 8 MHz. The possibility to apply the scanner directly to the surface of the organ during laparotomy enabled the use of high frequencies. In this way, the accuracy of the visualization was substantially improved. During intraoperative examination, the inner kidney blood vessels to the arteriae arcuatae were distinguishable. The capsula adiposa and the capsula fibrosa, medulla and cortex renalis could be differentiated. In all examined kidneys the medullary rim sign was visible, and this is recognised in human and veterinary medicine as a pathological feature.

During intraoperative examination, it was only possible to view the whole kidney by moving the scanner. Measurement and evaluation of the renal diameter, the diameter of cortex, medulla and sinus renalis and of blood vessels were carried out in defined cross and longitudinal sections. The size measurements of structures of the kidney provide information about the physiological or pathological status of the organ.

The results of the evaluation of the qualitative parameters (echogenicity, density, homogeneity and single echos) are comparable with those of the transcutaneous examination. However, during the intraoperative examination the quality of echogenicity and density was often higher. The qualitative characteristics, in all sections, for all healthy animals, were judged and combined. This data can be used as a basis for judgement of physiological status of bovine kidneys. Using some isolated cases as an example of pathologically changed kidneys, the diagnostic advantage of this method was presented, while the differences between healthy and damaged kidneys were shown and the result compared with those of clinical examinations.

Furthermore, the possibilities of laparoscopic ultrasonography were demonstrated in two cows.

Coherence between size of animal and size of kidney could not be found. But there was coherence between the diameter of the capsula adiposa renis, and sonographically measured fat-thickness on the back of the animal.

7 Literaturnachweis

ALKEN, L. E. u. J. SÖKELAND (1987):

Urologie. 10. Aufl.

Verlag Thieme, Stuttgart

ARAMAKI, N., K. YOSHIDA, Y. YAMASHIRO u. T. NAMIHISA (1982):

Ultrasonic laparoscopy.

Scand. J. Gastroenterol. 17, Suppl. 78, 185

ASHDOWN, R. R. u. S. DONE (1984):

Topografische Anatomie der Wiederkäuer.

Enke Verlag, Stuttgart

ASSIMOS, D. G., W. H. BOYCE, R. D. WOODRUFF, L. H. HARRISON, D. L. Mc CULLOUGH u. R. L. KROOVAND (1991):

Intraoperative renal ultrasonography: A useful adjunct to partial nephrectomy.

J. Urol. 146, 1218-1220

BACH, S., H. HAASE u. J. WOLLRAB (1975):

Zur Bedeutung der Corynebacterium-pyogenes-Infektion der Geschlechtsorgane beim Rind.

Monatsh. Veterinärmed. 30, 246-251

BARR, F. J. (1992):

Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze.

Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York

BARR, F. J. (1995):

Percutaneous biopsy of abdominal organs under ultrasound guidance.

J. Small Anim. Pract. 36, 105-113

BARRAT-BOYES, S. M., M. S. SPENSLEY, T. G. NYLAND u. H. J. OLANDER (1991):

Ultrasound localization and guidance for the renal biopsy in the horse.

Vet. Radiol. 32, 121-126

BIRTH, M., K. U. EHLERS, K. DELINIKOLAS u. H. F. WEISER (1998):

Prospective randomized comparison of laparoscopic ultrasonography using a flexible-tip ultrasound probe and intraoperative dynamic cholangiography during laparoscopic cholecystectomy.

Surg. Endosc. 12, 30-36

BRAUN, U. (1990):

Ultrasonographic examination of the right kidney in cows.

Am. J. Vet. Research 52, 1933-1939

BRAUN, U. (1993):

Ultrasonographic examination of the left kidney, the urinary bladder and the urethra in cows.

J. Vet. Med. 40, 1-9

- BRAUN, U. (1997):
Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik beim Rind.
Parey Buchverlag, Berlin
- BROWN, J. A., V. E. TORRES, B. F. KING u. J. W. SEGURA (1996):
Laparoscopic marsupialization of symptomatic polycystic kidney disease.
J. Urol. 156, 22-27
- BÖNHOF, J. A., K. FRANK, E. G. LOCH u. P. LINHART (1985 a):
Laparoscopic Sonography.
Ann. Radiol. 28, 16-18
- BÖNHOF, J. A., K. FRANK u. P. LINHART (1985 b):
Transoesophageal Mediastinal Sonography.
Ann. Radiol. 28, 19-20
- BÖNHOF, J. A. (1985 c):
Laparoskopische Sonographie.
in: G. JUDMAIER, H. FROMMHOLD u. A. KRATOCHWIL (1985):
Ultraschalldiagnostik 84.
Thieme Verlag, Stuttgart, S. 96-97
- BÖNHOF, J. A., P. LINHART u. E. G. LOCH (1986):
Laparoskopische Sonographie.
in: L. W. POPP (Hrsg.) (1986):
Gynäkologische Endosonographie.
Aktualisierter Kongressbericht Hamburg 1985.
Klemke Verlag, Quickborn, S. 225-231
- BÖNHOF, J. A. (1987):
Richtig benennen - besser erkennen. Ein Beitrag zur Terminologie der Sonogrammbeschreibung.
Ultrasch. Klin. Praxis 2, 178-184
- CAMPBELL, S. C., J. FICHTNER, A. C. NOVICK, F. STEINBACH, M. STOCKLE, E. A. KLEIN, D. FILIPAS, H. S. LEVIN, S. STORKEL, F. SCHWEDEN, N. A. OBUCHOWSKI u. J. HALE (1996):
Intraoperative evaluation of renal cell carcinoma: A prospective study of the role of ultrasonography and histopathological frozen sections.
J. Urol. 155, 1191-1195
- CHANDLER, W. u. J. RUBIN (1988):
Operative Ultrasound during Brain and Spinal Cord Procedures.
in: B. SIGEL (1988):
Operative Ultrasound.
Raven Press, New York, S. 56-67
- COOK, J. H. u. B. LYTTON (1981):
The practical use of ultrasound as an adjunct to renal calculous surgery.
Urol. Clin. North Am. 8, 319-320
- DANKWARDT, U. (1991):
Laparoskopische Sonographie.
Mainz, Univ., Fachber. Medizin, Diss.

- DIVERS, T. J., V. B. REEF u. K. A. ROBY (1989):
Nephrolithiasis in intermittent ureteral obstruction in a cow.
Cornell Vet. 79, 143-149
- EISEMANN, B., R. H. GREENLAW u. J. Q. GALLAGHER (1965):
Localization of Common Duct Stones by Ultrasound.
Arch. Surg. 91, 195-199
- ELASHRY, O. M., S. Y. NAKADA, J. S. WOLF, E. M. McDOUGALL u. R. V. CLAYMAN (1996):
Laparoscopy for adult polycystic kidney disease: A promising alternative.
Am. J. Kidney Dis. 27, 224-233
- ELLENBERGER-BAUM (1974):
Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. 18. Aufl.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- ELLENBOGEN, P. H., F. W. SCHEIBLE u. G. R. LEOPOLD (1978):
Sensitivity of gray scale ultrasound in detecting urinary tract obstruction.
Am. J. Roentgenol. 130, 731-733
- FEIFEL, G., U. HILDEBRANDT u. N. J. Mc MORTENSEN (1990)
Endosonography in Gastroenterology, Gynaecology and Urology.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- FETCHER, A. (1986):
Renal disease in cattle.
Part II. Clinical signs, diagnosis and treatment.
Compend. contin. Educ. Pract. Vet. 8, 338-344
- FEUSSNER, H., S. J. KRAEMER u. J. R. SIEWERT (1994):
Technik der laparoskopischen Ultraschalluntersuchung bei der diagnostischen Laparoskopie.
Langenbecks Arch. Chir. 379, 148-254
- FIEDLER, J., P. HEDDE u. R. FELIX (1984):
Stellenwert bildgebender Verfahren bei der Diagnostik von Nierenerkrankungen.
Dtsch. med. Wochenschr. 109, 930-934
- FIEGLER, W., R. FELIX u. R. NAGEL (1982):
Das Nierenbecken in der Ultraschalldiagnostik.
Röntgenpraxis 35, 74-78
- FIEGLER, W., R. CROMME, T. SZEKESSY u. D. KAMPF (1981 a):
Die Sonographie bei diffusen beiderseitigen Nierenparenchymerkrankungen.
Fortschr. Geb. Röntgenstr. 135, 645-648
- FIEGLER, W. (1981 b):
Einsatzmöglichkeit der Sonographie bei akuten entzündlichen Nierenerkrankungen.
Fortschr. Geb. Röntgenstr. 135, 640-644
- FIEGLER, W., B. FESSLER, D. KAMPF, C. ZWICKER u. R. FELIX (1987):
Akute und chronisch entzündliche Nierenerkrankungen im Sonogramm.
in: M. HANSMANN, D. KOISCHWITZ, H. LUTZ u. H. G. TRIER (1987):
Ultraschalldiagnostik.
Springer Verlag, Berlin, S. 264-266

- FRANK, K., H. BLIESZE, K. BECK, P. HAMMES u. P. LINHART (1983):
Laparoskopische Sonographie.
Dtsch. med. Wochenschr. 108, 902-904
- FRANK, K. u. G. VOGES (1994):
Differentialdiagnose umschriebener Nierenveränderungen.
in: G. RETTENMAIER u. K. SEITZ (1994):
Sonografische Differentialdiagnostik.
Chapman u. Hall, London, Glasgow, Weinheim, S. 613-646
- FRICK, H., H. LEONHARDT u. D. STARCK (1987):
Spezielle Anatomie II, 3. Aufl.
Thieme Verlag, Stuttgart
- FRISCHBIER, A. (1948):
Charakteristik der einfachen Nephrosen bei unseren Haustieren.
Berlin. Münch. tierärztl. Wochenschr. 9, 97-99
- FROMMHOLD, H. u. D. KOISCHWITZ (1987):
Radiologische Diagnostik.
Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- FÜESSL, H. S. (1993):
Nieren.
in: H. KREMER u. W. DOBRINSKI (1993):
Sonographische Diagnostik / Innere Medizin und angrenzende Gebiete. 4. Aufl.
Urban und Schwarzenberg Verlag, München, Wien, Baltimore, S. 175-200
- FUKUDA, M., F. MIMA u. Y. NAKANO (1982):
Studies on echolaparoscopy.
Scand. J. Gastroenterol. 17, Suppl. 78, 186
- FURUKAWA, Y., F. SAKAMOTO u. H. KANATAWA (1982):
A new method of B - mode ultrasonography under the laparoscopic guidance.
Scand. J. Gastroenterol. 17, Suppl. 78, 186
- GERLACH, K., L. MAUER, D. SCHARNER u. J. SIEBERT (1998):
Ultraschalldiagnostik beim Pferd: Technische Grundlagen und Vorbereitung.
Prakt. Tierarzt 79, 1037-1043
- GIUFFRIDA, M. C., R. L. MARQUET, G. KAZEMIER, P. WITTICH, N. D. BOUVY, H. A. BRUINING u. H. J. BONJER (1997):
Laparoscopic splenectomy and nephrectomy in a rat model. Description of a new technique.
Surg. Endosc. 11, 491-494
- GLASER, K. S., J. TSCHMELITSCH, A. KLINGLER, P. KLINGLER u. E. BODNER (1995):
Is there a role for laparoscopic ultrasound ?
Surg. Laparosc. Endosc. 5, 370-375
- GÖTZ, A. J. (1983):
Kompendium der medizinisch-diagnostischen Ultrasonographie.
Enke Verlag, Stuttgart

- GOLDBERG, B. B., J. LIU u. D. A. MERTON (1993):
Sonographically guided laparoscopy and mediastinoscopy using miniature catheter-based transducers.
J. Ultrasound Med. 12, 49-54
- GRÜNDER, H. D. (1963):
Möglichkeiten einer klinischen Einteilung der Nierenerkrankungen des Rindes.
Tierärztl. Umsch. 18, 435-443
- GRÜNDER, H. D. u. G. TRAUTWEIN (1965):
Das klinisch-pathologisch-anatomische Bild der Amyloidnephrose des Rindes.
Dtsch. tierärztl. Wochenschr. 72, 442-447
- GRÜNDER, H. D. (1978):
Krankheiten des Harnapparates.
in: G. ROSENBERGER (1978):
Krankheiten des Rindes.
Paul Parey Verlag, Berlin, S. 380-406
- GRÜNDER, H. D. (1990):
Harnapparat.
in: G. ROSENBERGER (1990):
Die klinische Untersuchung des Rindes.
Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin, S. 401-421
- GUCKEL, C., G. BENZ-BOHM u. B. ROTH (1989):
Nephrocalcinosis in childhood. Sonographic findings and differential diagnosis.
Fortschr. Geb. Röntgenstr. Neuen Bildgeb. Verfahr. 151, 301-305
- HAAG, K., U. BLUM, P. GRIES, S. BAUMANN, M. SELLINGER u. C. SPAMER (1991):
Überlegenheit der Farbdopplersonographie bei der nichtinvasiven Diagnostik von Nierenarterienstenosen.
in: A. ANDEREGG, P. DESPLAND, H. HENNER u. R. OTTO (1991):
Ultraschalldiagnostik.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 131-134
- HARRIS, D. D., H. C. RUCKLE, D. M. GASKILL, Y. WANG u. H. R. HADLEY (1994):
Intraoperative ultrasound: Determination of the presence and extent of vena caval tumor thrombus.
Urology 44, 189-193
- HAYASHI, H., D. S. BILLER, D. RINGS u. T. MIYABASHI (1994):
Ultrasonographic diagnosis of pyelonephritis in a cow.
J. Am. Vet. Med. Assoc. 205, 736-738
- HAYASHI, S., T. WAGAI, R. MIYAZAWA, K. ITO, S. ISHIKAWA u. K. UEMATSO (1961):
Ultraschalluntersuchung von Brusttumoren und Gallensteinen.
Medizinalmarkt, Acta Medicotechnica 1, 5-6
- HEGE-BLANK, U. u. K. SEITZ (1994):
Nierensteine
in: G. RETTENMAIER u. K. SEITZ (1994):
Sonografische Differentialdiagnostik.
Chapman and Hall, London, Glasgow, Weinheim, Bd. 1, S. 525-549

- HELBER, A., H. V. HENNING, K. W. RUMPF, F. SCHELLER, R. VERWIEBE u. M. H. WEBER (1987):
Krankheiten der Niere und ableitenden Harnwege.
in: W. SIEGENTHALER, W. KAUFMANN, H. HORNBOSTEL u. H. D. WALLER (1987):
Lehrbuch der inneren Medizin. 2. Aufl.
Verlag Thieme, Stuttgart, S. 372-480
- HILLYER, M. H. (1994):
The use of ultrasonography in the diagnosis of abdominal tumors in the horse.
Equine Vet. Educ. 6, 273-278
- HIRSBRUNNER, G., J. LANG, J. NICOLET u. A. STEINER (1996):
Nephrektomie nach chronischer, unilateraler, eitriger Pyelonephritis beim Rind.
Tierärztl. Prax. 24, 17-21
- HJÄRRE, A. (1942):
Über Amyloidose bei Tieren mit besonderer Berücksichtigung atypischer Formen.
Berlin. Münch. tierärztl. Wochenschr. 45, 331-334
- HÖLSCHER, A. H. (1995):
Invasiver Ultraschall:
Stellenwert der intraoperativen und laparoskopischen Sonographie.
Bildgebung 62, Suppl.1, 39-42
- HOFFMANN, K. L. u. A. K. WOOD (1993):
Pulsed wave renal doppler studies of arcuate arteries in the horse.
Vet. Radiol. Ultrasound 34, 458-459
- HOPE, W. D. (1989):
Chronic renal failure associated with bilateral nephroliths and ureteroliths in a two year old thorough-bred colt.
Equine Vet. J. 21, 228-231
- HRICAK, H., C. CRUZ, R. ROMANSKI, M. UNIEWSKI, N. LEVIN, B. MADRAZO, M. SANDLER u. W. EYLER (1982):
Renal parenchymal disease: Sonographic-histologic correlation.
Radiology 144, 141-144
- HURST, B. S., K. E. TUCKER, C. A. AWONIYI u. W. D. SCHLAFF (1996):
Endoscopic ultrasound. A new instrument for laparoscopic surgery.
J. Reprod. Med. 41, 67-70
- JAKSCH, W. u. E. GLAWISCHNIG (1981):
Klinische Propädeutik der inneren Krankheiten und Hautkrankheiten der Haustiere. 2. Aufl.
Paul Parey Verlag, Berlin
- JAKOB, W. (1971):
Spontaneous amyloidosis of mammals.
Vet. Pathol. 8, 292-306
- JASPERSEN, D. (1991):
Endoskopische Dopplersonographie.
Dtsch. med. Wochenschr. 116, 1966-1970

- KATHREIN, H. (1994):
Chronische Nierenerkrankungen.
in: G. RETTENMAIER u. K. SEITZ (1994):
Sonografische Differentialdiagnostik.
Chapman and Hall, London, Glasgow, Weinheim, Bd.1, S. 583-598
- KELLER, E. u. B. KRUMME (1994):
Farbkodierte Duplexsonographie in der Nephrologie.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- KIKUCHI, Y. (1959):
Recent results of research and development in the field of ultrasonics in Japan.
in: L. CREMER (1959):
Proceedings 3rd international congress of acoustics.
Elsevier Pub. Co. Amsterdam Vol 2, 1193-1206
- KIPER, M. L., J. L. TRAUB-DARGATZ u. R. H. WRIGLEY (1990):
Renal ultrasonography in horses.
Compend. cont. Educ. Pract. Vet. 12, 993-999
- KNAUFF, P. S. (1987):
Sonografische Darstellung von Nieren, Ureteren und Harnblase beim Hund
unter besonderer Berücksichtigung der Messung ihrer Lage, Grösse und ihres Inhaltes.
Giessen, Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.
- KOCH, T. u. R. BERG (1990):
Lehrbuch der Veterinär-Anatomie.
Gustav Fischer Verlag, Jena
- KODAMA, T., K. OKITA u. M. ODA (1982):
Development and clinical investigation of ultrasonic laparoscopy.
Scand. J. Gastroenterol. 17, Suppl.78, 1
- KOENIGS, U. (1989):
Untersuchungen über den Blutserumspiegel von Kreatinin und Ribonuklease bei
gesunden und kranken Rindern im Hinblick auf die diagnostische Bedeutung bei
Nierenerkrankungen.
Giessen, Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.
- KOEPPEN-HAGEMANN, I. u. E. RITZ (1992):
Nierensonographie.
Thieme Verlag, Stuttgart
- KÖSTERING, B. u. S. JOST-KÖSTERING (1997):
Ultraschall diagnostiksysteme.
in: R. KRAMME (1997):
Medizintechnik. Verfahren, Systeme und Informationsverarbeitung.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 219-245
- KOISCHWITZ, D., H. FROMMHOLD u. P. BRÜHL (1977):
Die Treffsicherheit der Sonographie in der Diagnostik von Nierenerkrankungen.
Fortschr. Geb. Röntgenstr. 127, 97-98

- KONDE, L. J. (1985):
Sonography of the kidney.
Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract. 15, 1149-1158
- KONDE, L. J., L. H. WRIGLEY u. R. D. PARK (1984):
Ultrasonographic anatomy of the normal canine kidney.
Vet. Radiol. 25, 173-178
- KRATOCHWIL, A. u. E. REINHOLD (Hrsg.) (1978):
Ultraschalldiagnostik.
Thieme Verlag, Stuttgart
- KRESOWIK, T. F., J. J. HOBALLAH, W. J. SHARP, E. V. MILLER u. J. D. CORSON
(1993):
Intraoperative B - Mode ultrasonography is a useful adjunct to peripheral arterial reconstruction.
Ann. Vasc. Surg. 7, 33-38
- KRESSE, H. (1973):
Anwendungsmöglichkeiten der Ultraschalldiagnostik.
Teil I
Röntgenpraxis 26, 228-239
Teil II
Röntgenpraxis 26, 286-295
- KUCHLING, E. (1957):
Die hämatogenen Nierenentzündungen des Rindes.
Berlin, Humboldt-Universität, Fachber. Veterinärmed., Diss.
- KUTTRUFF, H. (1988):
Anwendungen in der medizinischen Diagnostik.
in: H. KUTTRUFF (1988):
Physik und Technik des Ultraschalls.
Hirzel Verlag, Stuttgart, S. 273-300
- LANE, R. u. E. F. CROCKER (1979):
Operative Ultrasonic Bile Duct Scanning.
Aust. Newz. J. Surg., 49, 454-458
- LANTZ, E. J., J. W. CARBONNEAU, J. W. HALLET, M. J. DOGHERTY u. E. M. JAMES (1994):
Intraoperative color Doppler sonography during renal artery revascularisation.
Am. J. Roentgenol. 162, 859-863
- LEINATI, L. (1966):
Die interstitiellen Nierenentzündungen des Rindes.
Wien. Tierärztl. Monatsschr. 53, 394-397
- LIFSON, B. J., J. M. TEICHMANN u. J. C. HULBERT (1998):
Role and long-term results of laparoscopic decortication in solitary cystic and autosomal
dominant polycystic kidney disease.
J. Urol. 159, 702-705
- LINHART, P., J. A. BÖNHOF u. K. FRANK (1984):
Endoskopische Sonographie - eine Methode der Zukunft?
Medica. Deutsche Gesellschaft zur Förderung der medizinischen Diagnostik 5, 548-552

- LONG, J. P., P. L. CHOYKE, T. A. SHAWKER, C. A. ROBERTSON, H. I. PASS, M. M. WALTHER, u. W. M. LINEHAN (1993):
Intraoperative ultrasound in the evaluation of tumor involment of the inferior vena cava.
J. Urol. 150, 13-17
- LOOK, D., H. HENNING u. M. YANO (1975):
Direkte Ultraschallechografie der Gallenblase unter laparoskopischer Sicht.
in: R. LINDNER (Hrsg.) (1975):
Fortschritt der gastroenterologischen Endoskopie.
Witzrock Verlag, Baden-Baden, Bd. 6, S. 75-79
- LÖSCHNER, U. u. R. STAUFENBIEL (1996):
Schätzung der Rückenfettdicke als Methode der Körperkonditionsbeurteilung bei Milchrindern.
Prakt. Tierarzt 77, 816-824
- MACHI, J. u. B. SIGEL (1996):
Operative ultrasound in general surgery.
Am. J. Surg. 172, 15-20
- MAKUUCHI, M. u. H. HASEGAWA (1988):
Operative Ultrasound during Liver Surgery.
in: B. SIGEL (1988):
Operative Ultrasonography.
Raven Press, New York, S. 101-118
- MARTINO, P., A. TEMPESTA, G. DISABATO, G. CARRIERI u. F. P. SELVAGGI (1994):
L'eco-color Doppler nel trapianto renale: Le esigenze del clinico.
Arch. Ital. Urol. Androl. 66, 73-75
- MARSHALL, F. F., S. S. HOLDFORD u. U. M. HAMPER (1992):
Intraoperative sonography of renal tumors.
J. Urol. 148, 1393-1396
- MASCITELLI, E., T. IARUSSI, M. CASSACIA u. G. BONGARZONI (1993):
Ecografia intraoperatoria quale ausilio terapeutico nel trattamento della litiasi renale.
Ann. Ital. Chir. 64, 61-62
- MATTHEWS, H. K. u. R. L. TOAL (1996):
A review of equine renal imaging techniques.
Vet. Radiol. Ultrasound 37, 163-173
- MAXIE, G. (1992):
The urinary system.
in: K. V. JUPP, P. C. KENNEDY u. N. PALMER (Hrsg.) (1982):
Pathology of domestic animals. 4. Aufl.
Verlag Academic Press, San Diego, Bd.2, S.447-538
- MORNEBURG, H. (1995):
Bildgebende Systeme für die Medizinische Diagnostik. 3. Aufl.
Publicis MCD Verlag, München
- MORROW, K. L., M. D. SALMAN, M. R. LAPPIN u. R. WRIGLEY (1996):
Comparism of the resistive index to clinical parameters in dogs with renal disease.
Vet. Radiol. Ultrasound 37, 193-199

- NAKAMURA, M., K. YOKOTA, C. CHEN, N. TANIGUCHI, A. IZUMI, F. KAWAI u. K. ITOH (1999):
Hyperechoic renal papillae as a physiological finding in neonates.
Clin. Radiol. 54, 233-236
- NORRIS, C. S. u. R. W. BARNES (1984):
Renal artery flow velocity analysis: A sensitive measure of experimental and clinical renovascular resistance.
J. Surg. Res. 36, 230-236
- OHTA, Y., K. FUJIWARA, Y. SATO, H. NIWA u. H. OKA (1983):
New ultrasonic laparoscope for diagnosis of intraabdominal diseases.
Gastrointest. Endosc. 29, 289-294
- OHTA, Y., M. YAMAZAKI, M. TORII u. K. TAKTSUKI (1981):
A device of ultrasonic laparoscope.
Gastroenterol. Endosc. 23, 1385
- ORTH, S. (1984):
Nierenvolumenbestimmung.
Mainz, Univ., Fachber. Medizin, Diss.
- OSBORNE, C. A. (1981):
Nadelbiopsie der Niere.
in: BOJRAB, M. J. (1981):
Praxis der Kleintierchirurgie.
Enke Verlag, Stuttgart, S. 225-235
- OSBORNE, C. A., M. L. FAHNING, R. H. SCHULTZ u. V. PERMAN (1968):
Percutaneous renal biopsy in the cow and horse.
J. Am. Vet. Med. Assoc. 153, 563-570
- OTA, Y., Y. SATO u. K. TAKATSUKI (1982):
New ultrasonic laparoscope. Improvement in diagnosis of intraabdominal disease.
Scand. J. Gastroenterol. 17, Suppl. 78, 194
- PAIVANSALO, M. J., M. J. KALLIOINEN, J. S. MERIKANTO u. P. K. JALOVAARA (1991):
Hyperechogenic rings in the periphery of renal medullary pyramids as a sign of renal disease.
J. Clin. Ultrasound 19, 283-287
- PENNINCK, D. G., H. M. EISENBERG, E. E. TEUSCHER u. A. VRINS (1986):
Equine renal ultrasonography: Normal and abnormal.
Vet. Radiol. 27, 81-84
- POLASCIK, T. J., M. V. MENG, J. I. EPSTEIN u. F. F. MARSHALL (1995):
Intraoperative sonography for the evaluation and management of renal tumors: Experience with 100 patients.
J. Urol. 154, 1676-1680
- POPESKO, P. (1998):
Atlas der topografischen Anatomie der Haustiere. 5. Aufl.
Enke Verlag, Stuttgart

- POPP, J.-P. (1993):
 Diagnostik von Leber- und Nierenerkrankungen bei Hund und Katze
 mit Hilfe der sonografisch kontrollierten Nieren- und Leberbiopsie.
 Giessen, Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss.
- POULSEN-NAUTRUP, C. u. R. TOBIAS (1996):
 Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze.
 Schlütersche Verlagsbuchhandlung, Hannover
- RAGETH, J. C. u. H. P. VONTOBEL (1998):
 Der Beitrag der Sonographie zur urologischen Diagnostik.
 Ultraschall Med. 3, 62-68
- RAHLENBECK, F. (1991):
 Transkutane Nierensonographie beim Pferd.
 Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.
- RAMIREZ, S. u. T. L. SEAHORN (1996):
 Ultrasonography as an aid in the diagnosis of renal cell carcinoma in a horse.
 Vet. Radiol. Ultrasound 37, 383-386
- RAMIREZ, S., T. L. SEAHORN u. J. WILLIAM (1998):
 Renal medullary rim sign in 2 adult quarter horses.
 Can. Vet. J. 39, 647-649
- RANTANEN, N. W. (1986):
 Disease of the kidney.
 Vet. Clin. North Am. Equine Pract. 2, 89-103
- RAU, B., M. HÜNERBEIN u. P. M. SCHLAG (1994):
 Laparoskopische Sonographie mit einem Ultraschallendoskop.
 Chirurg 65, 400-402
- REBHUHN, W. C., S. G. DILL u. J. A. PEDRIZET (1989):
 Pyelonephritis in cows: 15 cases (1982-1986).
 J. Am. Vet. Med. Assoc. 194, 953-955
- RITTER, S. (1985):
 Untersuchungen über Behandlung und Verbleib von Rindern mit Nierenerkrankungen.
 Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.
- RODRIGUEZ, R., E. K. FISHMAN u. F. F. MARSHALL (1995):
 Differentialdiagnosis and evaluation of the incidentally discovered renal mass.
 Semin. Urol. Oncol. 13, 246-253
- ROEHLMANN, B. (1985):
 Katamnestische Untersuchungen über Klinik und Verbleib von Rindern mit Erkrankungen
 der Harnorgane.
 Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.
- RÖSCH, T. (1993):
 Endoscopic ultrasonographie - more questions than answers ?
 Endoscopy 25, 600-602

- ROTTERS, H. M. u. K. SCHERER (1979):
 Ultraschalldiagnostik von Nierensteinen
 Fortschritt Geb. Röntgenstr. 131, 379-385
- ROTH, S., A. SEMJONOW, H. van AHLEN, F. OBERPENNING, H. J. PIECHOTA u. L. HERTLE (1995):
 Surgical management of renal cell cancer with extention in the vena cava: Usefulness of intraoperative sonography.
 Eur. Urol. 28, 310-313
- RÜCKERT, K. u. H.-J. KLOTTER (1986):
 Intraoperative Sonographie.
 Ultraschall Klin. Prax. 1, 21-27
- RUMMER, K. (1998):
 Nierenfunktionsuntersuchungen bei Kühen mit besonderer Berücksichtigung von Harnenzymen sowie der fraktionierten Elimination von Elektrolyten.
 Leipzig, Univ., Veterinärmed. Fak., Diss.
- SACK, K., W. HENKEL u. R. COMMICHALL (1971):
 Chronische interstitielle Nephritis (Coli-Pyelonephritis) im Tierexperiment.
 Virchows Arch. Pathol. Anat. 355, 219-225
- SAHN, D. J., B. G. BARRAT-BOYES u. K. GRAHAM (1982):
 Ultrasonic imaging of the coronary arteries in open chest humans: evaluation of arteriosclerotic lesions during cardiac surgery.
 Circulation 66, 1034-1044
- SCHÄBERLE, W. (1998):
 Ultraschall in der Gefäßdiagnostik.
 Springer Verlag, Stuttgart
- SCHALLER, O. (Hrsg) (1992):
 Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature.
 Enke Verlag, Stuttgart
- SCHLEGEL, J. U., P. DIGGDON u. J. CUELLAR (1961):
 The use of ultrasound for localizing renal calculi.
 J. Urol. 86, 367-369
- SCHMIDL, M. (1979):
 Diagnostik der Erkrankungen der Niere und der ableitenden Harnwege.
 Tierärztl. Umsch. 34, 862-866
- SCHMIDT, H., A.-R. FISCHEDICK, W. WIESMANN, J. POHL u. J. H. N. BRÄMSWIG (1986):
 Die akute fokale bakterielle Nephritis.
 Fortschr. Geb. Röntgenstr. 145, 245-249
- SCHMIDT, A. R. (1989):
 Transrectal ultrasonography of the caudal portion of abdominal and pelvic cavities in horses.
 J. Am. Vet. Med. Assoc. 194, 962-964

- SCHMOLLER, H. J. (1982):
Die Ultraschalluntersuchung der Nieren in der Schwangerschaft.
Röntgenpraxis 35, 69-73
- SCHULZ, J. A. u. N. Rossow (1971):
Lehrbuch der Rinderkrankheiten.
Verlag Hirzel, Leipzig
- SEGER, T. (1995):
Zur Technik und Auswertbarkeit von transkutan entnommenen Nieren-
biopaten beim Rind.
Hannover, Tierärztl. Hochschule, Diss.
- SHKOLNIK, A. u. D. Mc LONE (1981):
Intraoperative Real-Time Ultrasonic Guidance of Ventricular Shunt Placements in Infants.
Radiology 141, 515-517
- SIGEL, B. (1988):
Operative Ultrasonography.
Raven Press, New York
- SIGEL, B., A. KRAFT, L. NYHUS, J. COELHO, M. GAVIN u. D. SPIGOS (1981):
Identification of a Parathyroid Adenoma by Operative Ultrasonography.
Arch. Surg. 116, 234-235
- SMOLLICH, A. u. G. MICHEL (1992):
Mikroskopische Anatomie der Haustiere. 2. Aufl.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- SÖKELAND, J. (1993):
Urologie.
Thieme Verlag, Stuttgart
- SOHN, C. u. D. WALLWIENER (1996):
Möglichkeiten der laparoskopischen Ultraschalldiagnostik.
Zentralbl. Gynäkol. 118, 107-109
- SOHN, C., D. WALLWIENER, E. M. GRISCHKE, M. KAUFMANN u. G. BASTERT (1995):
Erste Erfahrungen mit der laparoskopischen intraoperativen Ultraschallanwendung.
Geburtsh. Frauenheilk. 55, 468-472
- STADLER, P., F. RAHLENBECK u. E. DEEGEN (1989):
Die sonografische Diagnose einer Hydronephrose infolge Urolithiasis beim Pferd.
Pferdeheilkunde 5, 153-159
- STAUFENBIEL, R. (1997):
Konditionsbeurteilung von Milchkühen mit Hilfe der sonographischen
Rückenfettdickemessung.
Prakt. Tierarzt 27, 87-92
- STEIN, J. u. C. MARTIN (1996):
Physikalisch-technische Grundlagen.
in: G. SCHMIDT (1996):
Ultraschallkursbuch.
Thieme Verlag, Stuttgart, S.12-17

- STEVENS, P. E., S. J. GWYTHYER, M. E. HANSON, D. F. WOODROW, M. E. PHILLIPS u. J. E. BOULTBEE (1993):
Interpretation of duplex Doppler ultrasound in renal transplantats in the early postoperative period.
Nephrol. Dial. Transplant. 8, 255-258
- STRNAD, R. (1979):
Sonographie und Angiographie bei der Suche nach raumfordernden Prozessen der Nieren.
Fortschr. Geb. Röntgenstr. 131, 385-389
- STROHM, W. D. u. M. CLASSEN (1984):
Endosonographie mit einem Gastrofiberskop.
Ultraschall 5, 84-93
- SURAMO, M., M. PÄIVÄNSALO, A. LEINONEN u. M. PAMILO (1981):
Ultrasonographic images of hypernephromas.
Fortschr. Geb. Röntgenstr. 135, 649-652
- SUTILOV, V. A. (1984):
Physik des Ultraschalls.
Springer Verlag, Wien, New York
- TAKAMOTO, S., S. KYO u. H. ALDACHI (1985):
Intraoperative color-flow mapping by real-time two-dimensional Doppler echocardiography for evaluation of valvular and congenital heart disease and vascular disease.
J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 90, 802-812
- TATO, F. u. W. G. ZOLLER (1995):
Abdominelle Sonographie als Screeningmethode.
Bildgebung 62, 225-229
- THIEME, H. (1985):
Bildgebende Verfahren als diagnostische Mittel
zur Abklärung von Raumforderungen in den Nieren.
Göttingen, Univ., Med. Fak., Diss.
- TRAUTWEIN, G. (1991):
Harnorgane.
in: L. C. SCHULZ (Hrsg.):
Pathologie der Haustiere.
Verlag Fischer, Jena, Bd. 1, S. 517-575
- TROMBETTA, C., E. SALISCI, M. DERIU, G. SAVOCA, M. SANNA u. A. PAONI (1994 a):
Ruolo dell'ecografia nell'iter diagnostico-terapeutico delle cisti renali.
Arch. Ital. Urol. Androl. 66, 145-150
- TROMBETTA, C., M. DERIU, E. SALISCI, G. DEIDDA, A. PAONI, M. SANNA u. E. BELGRANO (1994 b):
Applicazioni urologiche dell'ecografia intralaparoscopica.
Arch. Ital. Urol. Androl. 66, 139-144

- TROMBETTA, C., G. LIGUORI, G. SAVOCA u. S. SIRACUSANO (1996 a):
Intralaparoscopic ultrasound and Doppler sonography in urology.
Tech. Urol. Fall. 2, 165-170
- TROMBETTA, C., A. LISSIANI, U. MORO u. E. BELGRANO (1996 b):
Infrequent application of intraoperative ultrasonography in urology.
Arch. Ital. Urol. Androl. 68, 31-36
- VANIAN, A. A. (1989):
The intraoperative ultrasonic diagnosis of kidney disease.
Urol. Nephrol. 4, 16-20
- VOLLMERHAUS, B. (1999):
Harnorgane.
in: R. NICKEL, A. SCHUMMER u. E. SEIFERLE (1999):
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. 8. Aufl.
Parey Buchverlag, Berlin, Bd. 2, S. 308-340
- WALDMANN, D. L., D. E. LEE, O. BRONTHOR u. M. S. ORLOFF (1998):
Use of intraoperative ultrasonography during hepatic transplantation.
J. Ultrasound Med. 17, 1-6
- WALTER, P. A., D. A. FEENAY, G. R. JOHNSTON u. T. P. OLEARY (1987):
Ultrasonographic evaluation of renal parenchymal diseases in dogs: 32 cases
(1981-1986).
J. Am. Vet. Med. Assoc. 191, 999-1007
- WALTHER, M. M., P. L. CHOYKE, W. HAYES, T. H. SHAWKER, R. B. ALEXANDER u. W. M.
LINEHAN (1994):
Evaluation of color Doppler intraoperative ultrasound in parenchymal sparing renal surgery.
J. Urol. 152, 1984-1987
- WEILL, F. S., E. BIHR, P. ROHMER u. F. ZELTNER (1981):
Renal Sonography.
Springer Verlag, Stuttgart
- WEISS, H. I., H. VARVIG, W. KELLER u. A. WEISS (1983):
Die Grenzen des Normalen im sonographischen Bild des Nierenbeckenkelchsystems.
in: H. LUTZ u. C. REICHEL (1983):
Ultraschalldiagnostik.
Thieme Verlag, Stuttgart, Bd.7, S. 153-159
- WEISS, E. (1999):
Harnorgane.
in: E. DAHME u. E. WEISS (1999):
Grundriss der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. 5. Aufl.
Enke Verlag, Stuttgart, S. 236-264
- WIMMER, B. (1980):
Ultraschalluntersuchung der Nieren.
Radiologe 20, 288-289
- WOOD, A. K. W. u. P. H. MCCARTHY (1990):
Ultrasonographic - anatomic correlation and an imaging protocol of normal canine kidney.
Am. J. Vet. Res. 51, 103-108

YAMAKAWA, K. (1958):

Progress in laparoscopy.

Jpn. J. Gastroenterol. 55, 741

ZENTNER, J. (1994):

Physikalische und technische Grundlagen der Ultraschalldiagnostik.

in: ZOLLER, W. G., U. GRESSER u. N. ZOELLNER (1994):

Einführung in die Ultraschalldiagnostik.

Karger Verlag, Basel, Freiburg, Paris, S. 6-13

8 Anhang

Auswertung der Tiere

											Harnuntersuchung			
	Operationsindikation	Nr	Datum	Bandmaß	Brustumfang	Alter	RFD	EZ	Kalbung	Allgemeinbefinden	Dichte	Farbe	Geruch	
				m	m	Jahre	mm							
Tiere mit physiologischem Nierenbefund und ungestörtem oder gering gestörtem Allgemeinbefinden	LMV ad sinistrum	2	11.04.98	1,48	2,08	4	24,9	4	03.04.98	gut	1015	ob	ob	
		4	17.04.98	1,46	1,95	6	18,3	3	10.04.98	gut	1025	ob	ob	
		6	10.05.98	1,48	1,87	3,5	23,4	3	nicht bekannt	gut	1017	ob	ob	
		7	10.05.98	1,52	1,92	4	18,5	3	24.04.98	leicht gestört	1026	ob	ob	
		8	14.05.98	1,50	2,02	2,5	16,0	3	nicht bekannt	gut	1020	ob	ob	
		9	16.05.98	1,47	1,96	2	16,8	2	30.04.98	gut	1025	ob	ob	
		10	17.05.98	1,44	1,97	4	19,0	3	23.04.98	gut	1018	ob	ob	
		13	09.06.98	1,50	1,97	3	14,2	3	nicht bekannt	gut	1025	ob	ob	
		14	09.06.98	1,49	2,00	3	20,0	3	nicht bekannt	leicht gestört	1000(infundiert)	hell	ob	
		15	10.06.98	1,49	2,02	5	28,0	4	nicht bekannt	leicht gestört	1000(infundiert)	hell	ob	
		17	15.06.98	1,50	2,06	6	17,9	3	nicht bekannt	gut	1026	ob	oib	
		18	28.08.98	1,35	1,80	5	17,4	3	20.08.98	gut	1030	ob	ob	
		21	29.10.98	1,48	1,95	10	21,5	3	nicht bekannt	leicht gestört	1015	ob	ob	
		22	17.11.98	1,51	2,05	3,5	7,6	1	01.10.98	leicht gestört	1043	ob	ob	
		23	20.11.98	1,50	1,97	2	15,6	3	nicht bekannt	gut	1015	ob	ob	
		26	23.12.98	1,46	2,07	5	17,0	4	10.12.98	gut	1012	ob	ob	
		27	19.01.99	1,45	2,00	7	15,3	2	30.11.98	gut	1006	ob	ob	
		28	19.01.99	1,46	1,86	2	17,4	3	nicht bekannt	gut	1007	ob	ob	
		29	20.01.99	1,47	1,92	4	18,3	3	18.01.99	gut	1020	ob	ob	
		30	21.01.99	1,42	1,86	8	8,7	2	13.11.98	gut	1018	ob	ob	
		33	15.02.99	1,41	1,96	6	20,0	3	22.11.99	leicht gestört	1015	ob	ob	
		34	20.02.99	1,40	1,87	10	19,0	3	21.01.99	gut	1018	ob	ob	
		36	16.03.99	1,34	1,84	8	20,0	3	20.02.99	leicht gestört	1000(infundiert)	hell	ob	
		37	17.03.99	1,45	1,90	2,5	18,0	3	nicht bekannt	gut	1020	ob	ob	
		38	06.04.99	1,52	2,40	5	35,0	5	23.03.99	gut	1006	ob	ob	
		39	07.04.99	1,51	2,08	5	19,1	3	nicht bekannt	gut	1007	ob	ob	
		40	08.04.99	1,44	2,02	4	15,1	3	11.09.98	gut	1032	trüb	ob	
		41	08.04.99	1,45	1,86	2,5	21,0	3	04.03.99	leicht gestört	1016	ob	ob	
		43	13.04.99	1,42	1,94	4	13,0	2	18.03.99	leicht gestört	1031	ob	ob	
		44	13.04.99	1,47	1,96	3	18,0	3	20.03.99	gut	1022	ob	ob	
		46	14.04.99	1,51	2,06	5	15,0	3	26.03.99	gut	1015	ob	ob	
		47	05.05.99	1,43	1,96	6	10,7	2	29.04.99	gut	1018	hell	ob	
		48	05.05.99	1,47	2,00	6	14,7	3	17.03.99	gut	1020	hell	ob	
		49	06.05.99	1,53	2,04		15,0	3	nicht bekannt	gut	1010	ob	ob	
		50	07.05.99	1,38	1,86	3	17,3	3	22.04.99	gut	1025	ob	ob	
		LMV ad dextrum	1	08.04.98	1,45	1,96	5	12,5	2	26.03.98	gut	1025	ob	ob
			5	09.05.98	1,48	2,02	2	20,5	4	hochtragend	leicht gestört	1020	ob	ob
			20	28.10.98	1,44	1,78	3	9,8	2	nicht bekannt	leicht gestört	1035	ob	ob
			24	25.11.98	1,53	1,99	5	13,1	2	nicht bekannt	gut	1027	ob	ob
			32	12.02.99	1,46	1,90	3	20,0	3	Apr 99	gut	1040	braun	ob
			45	14.04.99	1,47	1,98	3	20,3	3	04.04.99	leicht gestört	1037	trüb	ob
Tiere mit fokalen Veränderungen der Niere	LMV ad sinistrum	19	04.09.98	1,50	1,91	4	19,6	3	12.05.98	gut	1020	ob	ob	
	LMV ad sinistrum	25	17.12.98	1,49	2,05	5	19,1	3	10.12.98	gut	1015	ob	ob	
	diagnostische Laparotomie	35	08.03.99	1,42	1,95	4	21,0	3	25.01.99	gut	1018	ob	ob	
Tiere mit multifokalen oder generalisierten Veränderungen der Nieren	LMV ad dextrum	11	08.06.98	1,48	1,86	4	9,0	2	nicht bekannt	sehr schlecht	1040	braun	stechend	
	LMV ad sinistrum	16	13.06.98	1,45	1,86	6	15,0	2	nicht bekannt	schlecht	1045	ob	ob	
	diagnostische Laparotomie	31	12.02.99	1,54	2,20	5	24,5	3	21.11.98	schlecht	1020	bräunlich	ob	
	LMV ad dextrum	42	10.04.99	1,51	1,90	4	7,0	2	24.03.99	sehr schlecht	1000 (infundiert)	hellrot	ob	

Abkürzungen	RFD	sonografisch gemessene
		Rückenfettdicke
LMV		Labmagenverlagerung
Ery		Erythrozythen
Leuko		Leukozythen
U		Urate
Ox		Oxalate
R		Rundepithelien
P		Plattenepithelien

EZ = Ernährungszustand	
1	sehr schlecht
2	schlecht
3	mäßig
4	gut
5	sehr gut

Auswertung der Tiere

Combur-Test										Blutuntersuchung						Klinische Untersuchung der Nieren		Anmerkungen
Nr	Leuko	Ery	Protein	Nitrit	Glukose	Keton	Bilirubin	Sediment	pH	Harnstoff	Kreatinin	P	K	Cl	Na	Adspektionsbefund	Palpationsbefund	
										mmol/l	Ymol/l	mmol/l				intraoperativ	intraoperativ	
2	—	*	*	*	—	—	—	Ery*Leuko*	6,0	8,9	176,0	2,35	2,60	100,0	140,0	ob	ob	
4	—	—	—	—	—	—	—	ob	7,5	6,7	91,0	1,78	3,90	90,0	141,0	ob	ob	
6	—	*	—	—	—	*	—	Ery*R*P*	6,0	5,7	110,0	1,20	4,20	89,0	121,0	ob	ob	
7	**	**	**	*	—	—	—	Leuko**Ery**	8,0	4,2	92,0	0,47	3,40	94,0	139,0	ob	ob	Puerperalstörung, Entzündung harnableitender Wege
8	*	—	—	—	—	—	—	ob	7,0	6,8	93,0	1,77	3,90	96,0	96,0	ob	ob	
9	*	*	—	—	—	—	—	Leuko*	7,0	10,0	128,0	2,16	2,90	96,0	141,0	ob	ob	
10	—	—	—	—	—	**	—	ob	9,0	3,5	84,0	0,78	3,30	95,0	140,0	ob	ob	
13	—	—	—	—	—	—	—	ob	7,0	15,8	96,0	3,25	2,50	100,0	141,0	ob	ob	Verwachsungen im Abdomen
14	—	—	—	—	—	—	—	ob	7,0	6,5	108,0	1,77	3,50	93,0	139,0	ob	ob	
15	*	*	—	—	—	**	—	Ery*P*Leuko*	7,0	3,6	109,0	1,23	3,20	99,0	136,0	ob	ob	
17	—	—	—	*	—	***	—	ob	6,0	7,2	135,0	0,73	3,30	97,0	134,0	ob	ob	
18	—	—	—	—	*	*	—	P**Leuko**Ery***	8,0	6,7	99,0	1,30	5,00	102,0	135,0	ob	ob	Puerperalstörung
21	—	*	—	—	—	*	—	Ery*Leuko*	6,0	4,6	91,0	1,55	3,40	89,0	138,0	ob	ob	Puerperalstörung
22	—	—	*	*	*	—	—	ob	8,0	1,9	91,0	1,70	4,50	112,0	154,0	ob	ob	
23	—	—	—	—	—	—	—	ob	8,0	2,3	117,0	0,86	3,10	89,0	142,0	ob	ob	
26	—	—	—	—	*	—	—	ob	9,0	4,5	109,0	1,43	3,70	89,0	141,0	ob	ob	
27	—	**	*	—	—	*	—	Ery*P*	8,0	5,6	98,0	1,60	4,50	100,0	140,0	ob	ob	Puerperalstörung
28	—	—	—	—	—	—	—	ob	5,0	4,9	105,0	1,63	4,30	97,0	140,0	ob	ob	
29	—	—	—	—	—	—	—	ob	6,0	6,9	107,0	1,86	2,70	92,0	149,0	ob	ob	
30	—	—	—	*	—	—	—	ob	8,0	9,2	146,0	2,05	2,40	92,0	133,0	ob	ob	
33	—	—	—	—	—	—	—	ob	6,0	11,1	151,0	1,39	3,50	82,0	119,0	ob	ob	
34	—	—	—	—	—	**	—	ob	7,0	5,9	165,0	1,28	4,80	97,0	146,0	ob	ob	
36	—	—	—	—	—	—	—	ob	8,0	1,8	81,0	1,18	3,60	95,0	135,0	ob	ob	
37	—	—	—	—	—	—	—	ob	7,0	4,2	140,0	0,76	3,60	97,0	141,0	ob	ob	
38	*	—	—	—	—	**	—	Leuko*Ox*	5,0	4,6	112,0	1,48	3,80	89,0	143,0	ob	ob	
39	—	*	—	—	—	*	—	Ery*Leuko*	8,0	5,1	101,0	1,30	3,60	95,0	140,0	ob	ob	
40	*	**	*	—	***	—	—	Ery*Leuko*	5,0	6,2	102,0	1,29	4,20	92,0	139,0	ob	ob	
41	—	—	—	—	—	*	—	ob	6,0	9,8	109,0	1,99	3,10	76,0	131,0	ob	ob	
43	*	**	*	—	—	***	—	Leuko**Ery**P*	6,0	2,7	112,0	1,16	3,00	99,0	140,0	ob	ob	
44	*	—	*	—	—	`***	—	Leuko*Ba*	8,0	5,0	96,0	1,36	4,40	96,0	140,0	ob	ob	
46	—	—	—	—	—	*	—	ob	7,0	6,7	102,0	1,20	3,60	96,0	136,0	ob	ob	
47	*	—	*	—	—	—	—	Leuko*Ery*	6,0	1,4	58,0	1,14	4,40	98,0	136,0	ob	ob	
48	***	*	*	*	—	—	—	Leuko***Ery*	6,0	3,1	88,0	1,75	3,70	95,0	134,0	ob	ob	Puerperalstörung, Entzündung harnableitender Wege
49	—	—	—	—	—	—	—	ob	8,0	4,5	117,0	1,43	3,50	91,0	139,0	ob	ob	
50	*	—	—	—	*	—	—	Leuko*	6,0	4,1	105,0	0,83	4,30	96,0	140,0	ob	ob	Puerperalstörung

1	*	*	*	*	—	—	—	Ery**Leuko*	5,5	23,8	176,0	2,35	3,00	97,0	127,0	ob	ob	Puerperalstörung
5	—	—	—	—	—	—	—	ob	6,0	33,4	761,0	3,13	4,00	99,0	130,0	ob	ob	
20	—	*	*	—	*	—	—	Ery**P*Ü*	9,0	8,7	99,0	1,22	3,60	87,0	127,0	ob	ob	
24	*	—	*	—	—	—	—	Leuko**Bak***	7,0	3,4	94,0	0,88	3,70	95,0	140,0	ob	ob	Puerperalstörung
32	*	***	*	—	—	—	—	Ery**Leuko*	7,0	4,4	145,0	1,56	5,10	97,0	138,0	ob	ob	
45	*	*	—	—	—	—	—	Ery*Leuko*Ba*	6,0	8,3	96,0	0,86	2,80	94,0	140,0	ob	ob	Puerperalstörung

19	—	—	—	—	—	—	—	ob	8,0	3,8	105,0	0,80	4,30	96,0	140,0	ob	ob	Nierenzyste
25	—	*	*	*	—	—	—	Leuko***Ery**P*	6,0	15,9	293,0	1,22	1,70	98,0	133,0	ob	ob	gestauter Harnleiter, Entzündungssymptome
35	—	*	—	—	—	*	—	Leuko***P*Ery*Ba*	7,0	7,5	89,0	1,12	3,70	89,0	140,0	ob	ob	gestauter Harnleiter, Entzündungssymptome

11	—	***	**	—	—	—	—	Ery**Leuko**P	9,0	15,5	97,0	3,20	2,50	92,0	140,0	ob	ob	Ileus, Stau der Blutgefäße
16	—	**	*	—	—	*	—	Ery*Leuko*P*	6,0	18,7	885,0	1,97	2,30	90,0	135,0	ob	derb(rechte u. linke Niere)	sonogr. Veränder. des Nierenparenchymys
31	**	*	*	*	—	—	—	Leuko***Ery*P*R*Bakt*	7,5	14,0	328,0	2,69	6,40	99,0	140,0	ob	derb(rechte u. linke Niere)	sonogr. Veränderungen des Nierenparenchymys
42	—	***	**	—	—	—	—	Ery***	6,0	11,8	107,0	2,33	3,90	82,0	134,0	ob	ob	Mikrolithen (pathohistologische Untersuchung)

*	vereinzelt
**	mittelgradig
***	massenhaft
—	nicht vorhanden
ob	Normalbefund

Tab. II Nichtparametrische Korrelationen

Sonografisch gemessene Rückenfettdicke – Nierenfettkapsel

			Rückenfettdicke	Durchmesser der Capsula adiposa
Spearman-Rho	Rückenfettdicke	Korrelationskoeffizient	1,000	0,313
		Sig. (1-seitig)	,	0,026*
		N	42	42
	Durchmesser der Capsula adiposa	Korrelationskoeffizient	0,313	1,000
		Sig. (1-seitig)	0,026*	,
		N	42	42

* - Korrelation ist auf einem Niveau von 0,05 signifikant (1-seitig)

			Rückenfettdicke	Durchmesser der Capsula adiposa
Spearman-Rho	Rückenfettdicke	Korrelationskoeffizient	1,000	0,313
		Signifikanz (2-seitig)	-	0,052**
		N	42	42
	Durchmesser der Capsula adiposa	Korrelationskoeffizient	0,313	1,000
		Signifikanz (2-seitig)	0,052**	-
		N	42	42

** - Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant (2-seitig)

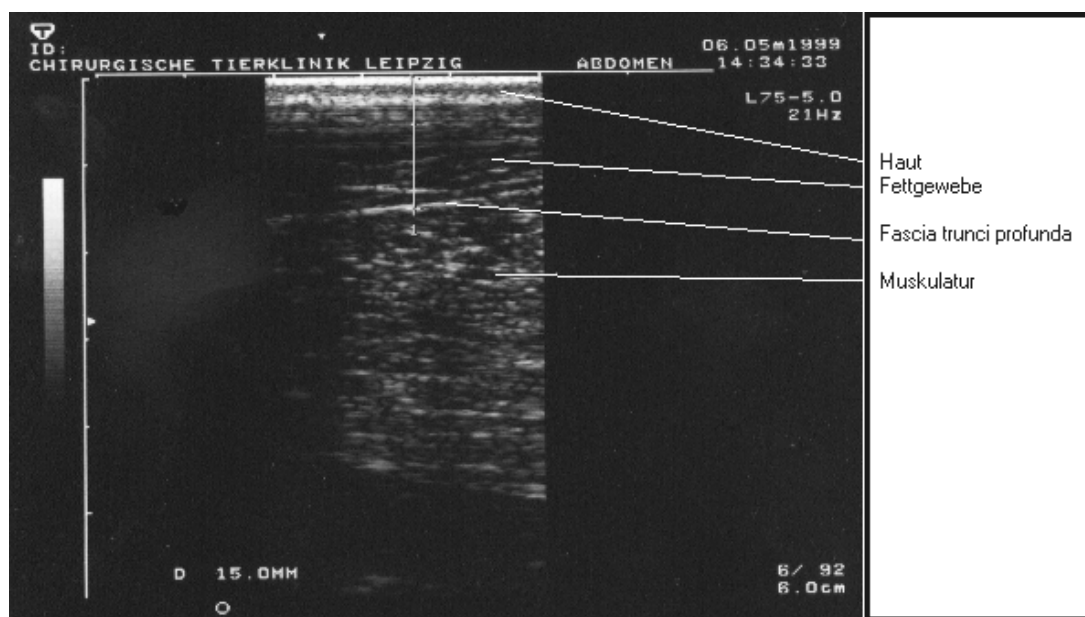


Abb.I SONOGRAFISCHE MESSUNG DER RÜCKENFETTDICKE NACH STAUFENBIEL



Abb. II Intraoperative sonografische Nierendarstellung

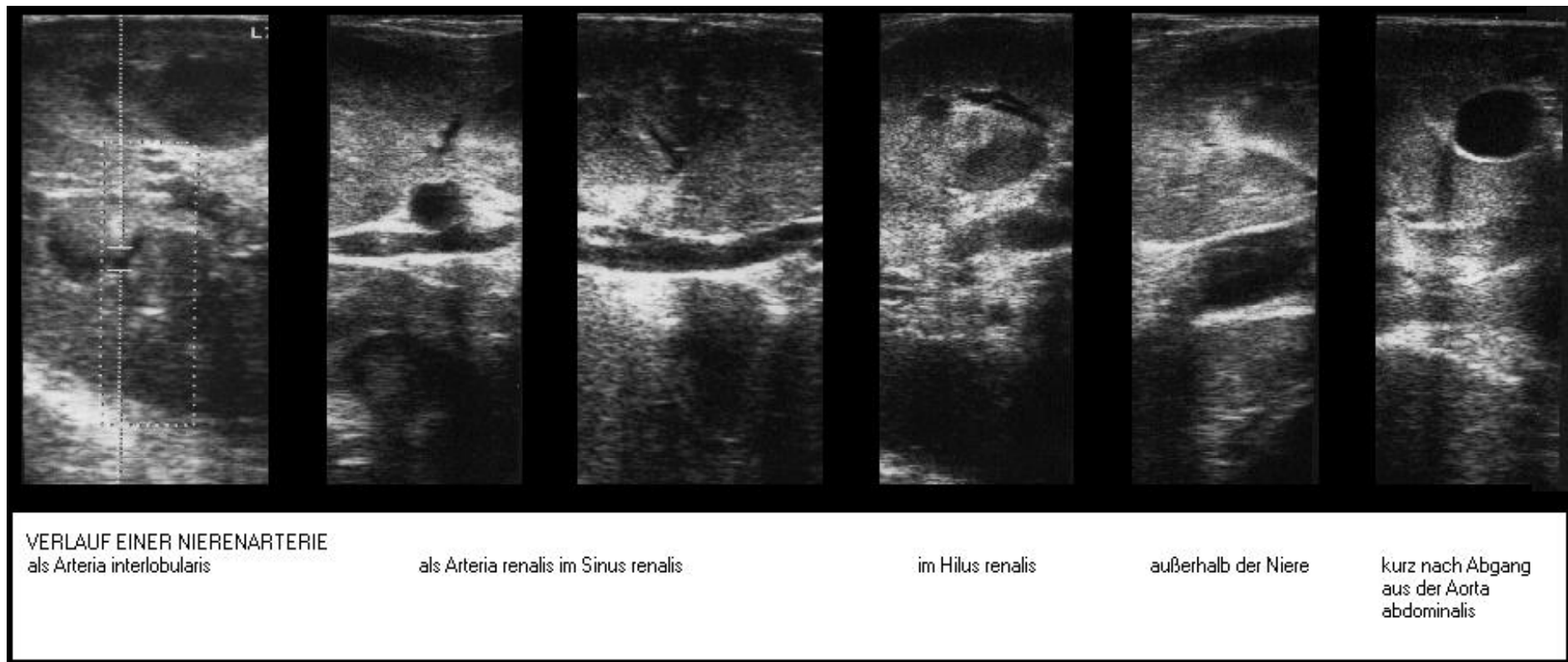
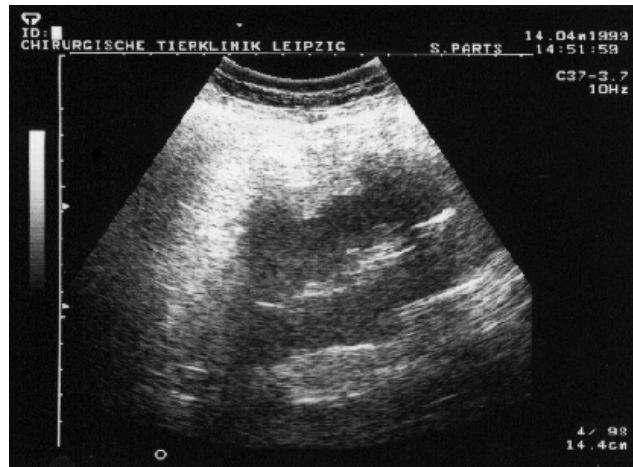
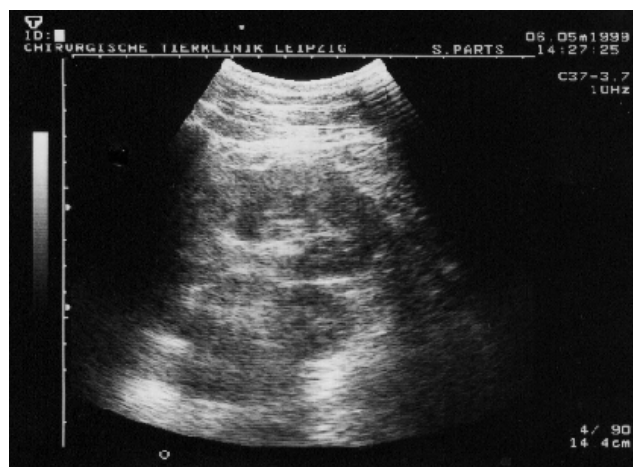


Abb. III intraoperative sonografische Darstellung des Verlaufes einer Nierenarterie



A. sehr undeutliche Nierendarstellung, qualitative Beurteilung kaum möglich



B. Nierendarstellung: einzelne Strukturen undeutlich erkennbar, qualitative Beurteilung in Grenzen möglich



C. sehr gute Darstellung und Beurteilungsmöglichkeiten aller Strukturen der Niere

Abb. IV Darstellung qualitativer Unterschiede bei der transkutanen sonografischen Untersuchung der rechten Niere verschiedener Kühe in der Fossa paralumbalis (bei nahezu unveränderten Geräteeinstellungen), in Abhängigkeit von den Echoeigenschaften des umgebenden Gewebes und dem Abstand Niere-Schallkopf

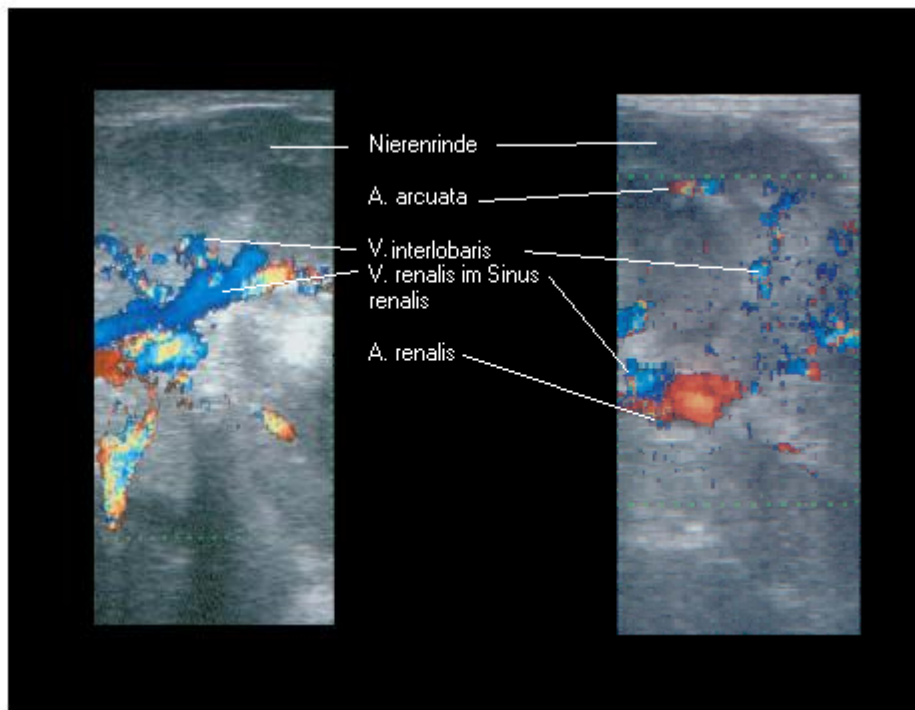


Abb. V Sonografische Darstellung der Blutgefäßversorgung im Inneren der Rinderniere



Abb. VI Transkutane sonografische Nierendarstellung zwischen den Lendenwirbelquerfortsätzen

DANKSAGUNGEN

Die Autorin bedankt sich bei Herrn Prof. Dr. J. Ferguson für die freundliche Überlassung des Themas, sowie für seine wissenschaftliche Anleitung.

Ganz herzlich danke ich Frau Dr. Gerlach für ihre engagierte Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit und für die Großzügigkeit, mit welcher sie mir ihre Zeit und Energie zur Verfügung gestellt hat.

Weiterhin gilt mein besonderer Dank dem Team des Labors der Medizinischen Tierklinik der Universität Leipzig, insbesondere Frau Kirbach, für die Unterstützung bei der Untersuchung der labordiagnostischen Parameter.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Herrn Dr. Möbius aus dem Institut für Tierhygiene der Universität Leipzig für die freundliche Hilfe und Beratung bei der statistischen Auswertung.

Zum Schluß möchte ich mich bei allen Assistenten und Angestellten der Chirurgischen und Medizinischen Tierklinik der Universität Leipzig für die Rücksichtnahme und Unterstützung bedanken, welche mir die Durchführung der Untersuchungen ermöglichte und erleichterte.